

الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة تشرين

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي

"تحسين جودة خدمة الوسائط المتعددة في الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة باستخدام حركة المرور بالزمن الحقيقي"

(دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي اختصاص حاسبات)

إعداد المهندس:

سامي زهير اسبر

بإشراف:

د. محمد حجازية

مدرس في قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي

2014

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث قام به المرشح المهندس سامي زهير اسبر بإشراف:

الدكتور محمد حجازية (المشرف الأساسي) المدرس في قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين

المرشح	**المشرف**
م. سامي زهير اسبر	**د. محمد حجازية**

Testimony

We witness that declared work in this treatise is result of a scientific research by coadunate Eng. Sami Zoher Esper under the supervisor of:

Doctor engineer. Mohammad Hejazieh Associate Professor of Computers and Automatic Control Engineering , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University, Syria.

And any other references discussed in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate	Associate Professor
Eng. Sami Zoher Esper	Dr.Eng. . Mohammad Hejazieh

تصريح

أصرح بأن هذا العمل :

// تحسين جودة خدمة الوسائط المتعددة في الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة باستخدام حركة المرور بالزمن الحقيقي //

لم يقدم لنيل أي شهادة علمية أخرى ولم ينشر سابقا في أي مجلة علمية.

المرشح

م. سامي زهير اسبر

Declaration

It is hereby declared that this work:

/ / **Providing Quality of Service for multimedia application using Real Time Traffic in Heterogeneous Wireless Infrastructure Networks //**

Has not been accepted for any degree , or it is submitted to any other degree

Candidate

Eng. Sami ZoherEsper

قدمت هذه الرسالة استكمالا لمتطلبات نيل درجة الماجستير في هندسة الحاسبات في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين .

وقد نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2014/7/24 وأجيزت.

لجنة الحكم:

الدكتور المهندس	الدكتور المهندس	الدكتور المهندس
جعفر الخيّر	حسن الأحمد	محمد حجازية

رسالة شكر..

اعترافا بالجميل يتقدم الباحث بالشكر وعميق الاحترام إلى الدكتور ***محمد حجازية*** رئيس قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي-كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية في جامعة تشرين الذي تكرم بالإشراف على هذا البحث و إعطائه للباحث الكثير من وقته و توجيهاته التي كانت خير سداد للباحث

الشكر إلى عمادة كليه الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة تشرين متمثلة بالسيد عميد الكلية ،و الهيئة التدريسية في قسم هندسة الحاسبات و التحكم الآلي فلهم الشكر و الاحترام ولكل من قدم أي معلومة ساهمت في إغناء البحث

واجب العرفان بالجميل يقتضي من الباحث شكر الأساتذة أعضاء اللجنة الحكم لتفضلهم بإغناء البحث وتقويمه بملاحظاتهم و مداخلاتهم .

الفهرس

الفصـــل الأول : مراحل تطور الشبكات اللاسلكية

Evolution of Wireless networks

الفصـــل الثاني : جود الخدمة . جودةالخبرة . جودةالأعمال

Quality of Service, Quality of Experience and Quality of business

الفصـــل الثالث : جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية

QoS in WLAN

الفصـــــل الرابع : التخلي والتسليم في الشبكات غير المتجانسة

Heterogeneous Handover

الفصـــــل الخامس : الجدولة

Scheduling

الفصل السادس : فهم أساسيات بناء شبكات الصوت عبر IP

Understanding the Basic Concepts in VoIP Networks

الفصل السابع : المحاكاة وقياس الأداء

Simulation and Performance Measurement

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

الاختصارات العلمية

الاختصار	المصطلح
1G	First Generation
2G	Second Generation
3G	Third Generation
4G	Fourth Generation
AAA	Authentication, Authorization and Accounting
AC	Access category
ADDTS	Add Traffic Stream
AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BE	Best Effort
BS	Base Station
CBR	Constant Bit Rate
CDMA	Code-division Multiple Access
CP	Contention Period
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CW	Contention Window
DCF	Distributed Coordination Function
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DOS	Denial of Service
DSA-REQ	Dynamic Service Addition Request
EDCA	Enhanced Distributed Channel Access
EDF	Earliest Deadline First
ERTPS	Extended Real-time Polling Service
FDMA	Frequency Division Multiple Access
HCCA	HCF Channel Access
HCF	Hybrid Coordination Function
IE	Information Element
IEEE	Institute Of Electrical and Electronics Engineering
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
IMS	IP Multimedia Subsystem
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
LQF	Longest Queue First
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MaxSI	Maximum Service Interval

MinSI	Minimum Service Interval
MN	Mobile Node
MOS	Mean Opinion Score
MPEG	Motion Picture Experts Group/Video Codec
MS	Mobile Station
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NAC	Network Access Control
NRTPS	Non-Real-time Polling Service
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PBX	Private Branch Exchange
PDU	Protocol Data Unit
PC	Point Coordinator
PCF	Point Coordination Function
PCM	Pulse Code Modulation
PHY	Physical Layer
PoA	Point of Attachment
PSTN	Public Switched Telephone Networks
QAP	QoS enabled Access Point
QoBiz	Quality of Business
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Protocol
RTPS	Real-time Polling Service
SB	Session Border
SI	Service Interval
SLA	Service Level Agreement
SNR	Signal to Noise Ratio
sOFDMA	scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access
SS	Subscriber station
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time-Division-Multiple-Access
TD-SCDMA	Time Division - Synchronous CDMA
TS	Traffic Stream
TSPEC	Traffic Specification

TXOP	Transmission Opportunity
UGS	Unsolicited Grant Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VBR	Variable Bit Rate
VoIP	Voice-over-IP
WAN	Wide Area Network
WCDMA	Wideband CDMA
WFQ	Weighted Fair Queuing
WiFi	IEEE 802.11 WLAN standard
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access - IEEE 802.16 standard
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WRR	Weighted Round Robin

جدول المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية
إضافة إطار تدفق المرور	Add Traffic Stream frame
التحكيم	Arbitration
تصريح	Authorization
إشارة المنارة	Beacon
أفضل جهد	Best Effort
معدل البت	Bit Rate
تحسس الناقل متعددة الوصول مع تجنب التصادم	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي	Code-division Multiple Access
الاتصالات الموحدة	Communication Unified
تنافس	Contention
الوصول لقناة التحكم	Controlled Channel Access
معدل بت ثابت	Constant Bit Rate
التأخير الزمني	Delay time
عدم التعرف على الخدمة	Denial of Service
الفراغات بين الإطارات الداخلية	Inter-Frame Space
تابع التنسيق الموزع	Distributed Coordination Function
تمكين نقطة النهاية	Endpoint Enablement
تحسين تقنية الوصول الموزع للقناة	Enhanced Distributed Channel Access
العدل	Fairness
الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي	Frequency Division Multiple Access
المهلة الصارمة	Firm Deadline
التخلي و التسليم	Handover
التخلي و التسليم القاسي	Hard Handover
مدير التخلي والتسليم	Handover Manager
الموعد النهائي الحدي	Hard Deadline
عناصر المعلومات	Information Elements
الفترة العظمى	Interval Maximum
مركز اتصال متكامل	Integrated call center
الذبذبة	Jitter
توازن الأحمال	Load Balance
تخصيص المرور	Traffic Specification
الحد الأعظمي المستمر لمعدل سير البيانات	Maximum Sustained Traffic Rate
الضخ المفاجئ الأعظمي للبيانات	Maximum Traffic Burst
التأخير الأعظمي	Maximum Latency
الفاصل الزمني الأعظمي	Service Interval Maximum
بيانات وسيطية	Mean Data
النمط الموزع	Mesh Mode
معدل الدفق الأصغري المحجوز	Minimum Reserved Rate

الفاصل الزمني الأصغري	Minimum Service Interval
الموزعات	Multiplexers
خدمة الانتخاب الغير الفورية	Non-real-time Polling Service
التبديل بالدارة والتبديل بالرزم	Packet and Circuit Switching
خسارة الرزم	Packet Loss
الترزيم الداخلي و إخفاء الأخطاء	Packetisation Internal and Error Concealment
تابع التنسيق	Coordination Function
محطات الاستطلاع	Polled Station
نقطة الوصول	Point of Attachment
نقطة تبادل خاصة	Private Branch Exchange
التعديل النبضي المرمز	Pulse Code Modulation
الثقوب	Pinholes
شبكة الهاتف العامة	Public Switched Telephone Networks
تابع تنسيق النقاط	Point Coordination Function (PCF)
فراغ الإطار الداخلي في PCF	PCF Inter-Frame Space
المحطة المنتخبة	Pollable Stations
جودة الخدمة	Quality of Service
جودة الخبرة	Quality of Experience
جودة الأعمال	Quality of business
برتوكول الزمن الحقيقي	Real Time Protocol
خدمة الانتخاب الفوري	Real-time polling service
التسجيل	Registration
التخلي و التسليم الناعم	Soft handover
التخلي و التسليم شبه الناعم	Semisoft handover
تعريف المشترك	Subscribers identification
نسبة الإشارة إلى الضجيج	Signal to noise ratio
المفتاح المشترك	Shared key
الموجهات	Switches
المهلة الخفيفة	soft deadline
حرمان التدفق	Starvation of Flows
خمول	Slack
الفائض في مجال الحزمة	Surplus Bandwidth
نمط الجدولة المتعلق بتنفيذ الدفق	Service Flow Scheduling Type
دور الخدمة	Service Period
حدود الجلسة	Session Border
الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني	Time-division Multiple Access
التقسيم الزمني المتزامن	Time Division - Synchronous CDMA
الاقتطاع الثنائي الأسي الرجعي	Truncated Binary Exponential Backoff
أولوية سير البيانات	Traffic Priority
الذبذبة المقبولة	Tolerated Jitter
تخصيص المرور	Traffic Specification
استطلاع أحادي الإرسال	Unicast Polls
خدمة المنح غير الملتمس	Unsolicited Grant Service
فترة المنح غير الملتمس	Unsolicited Polling Interval

طلب المنح	Unsolicited Requests
عرض الحزمة	Wideband

المعادلات

ملخص:

ازداد انتشار تطبيقات الوسائط المتعددة في السنوات القليلة الماضية وأصبحت أمرا" واقعا" وهاما" نحتاجه في كثير من مناحي الحياة, ويعتبر تطبيق Voice Over IP (VOIP) من أكثر هذه التطبيقات انتشارا". تم القيام بهذا البحث للعمل على ربط شبكتين لاسلكيتين غير متجانستين ودراسة تأثير عملية الربط على جودة الخدمة وذلك لوجود عدة معايير تستخدم لبناء الشبكات اللاسلكية تختلف عن بعضها من حيث التردد وآلية إرسال واستقبال الرزم . اعتمد في هذا البحث على ثلاث سيناريوهات كل سيناريو يحتوي على شبكتين مختلفتين, الشبكة الأولى مبنية باستخدام المعيار IEEE 802.11e والشبكة الثانية مبنية باستخدام المعيار IEEE 802.16e. تختلف السيناريوهات فيما بينها من حيث عدد المستخدمين. تمت دراسة جودة الخدمة ومناقشة بعض المعايير الهامة المتعلقة بها والتطرق الى بنية IEEE 802.11e و IEEE 802.16e وتم إجراء دراسة لعملية التخلي والتسليم وعملية الجدولة في أنظمة الزمن الحقيقي مع دراسة بنية التطبيق المدروس وهو (VOIP) . تم استخدام المحاكي OPNET 14.5 لبناء السيناريوهات وإجراء عملية المحاكاة ومقارنة النتائج

الكلمات المفتاحية:

جودة الخدمة – شبكات غير متجانسة – IEEE 802.11 – IEEE 802.16– التخلي و التسليم – الجدولة – المردود – التأخير الزمني.

الفصــل الأول

مراحل تطور الشبكات اللاسلكية

Evolution of Wireless networks

1-1 مقدمة

تمكنت مخابر (Bell) في العام 1947 من ابتكار فكرة استخدام الخلايا في الاتصالات اللاسلكية وفي نهاية 1970 ظهرت إلى الاستخدام بشكل واقعي ومنذ ذلك الوقت ازداد انتشار هذه الأنواع من الاتصالات حيث يوجد الآن العديد من أجيال الشبكات اللاسلكية [1] وفيما يلي لمحة سريعة عن أجيال الشبكات اللاسلكية المستخدمة:

2-1 الجيل الأول من الشبكات اللاسلكية (1G):

استخدم الجيل الأول من الشبكات اللاسلكية تقنية (FDMA) وذلك ليحقق مشاركة عالية في الطيف بالنسبة لعدد جيد من المستخدمين وقد تمكنت هذه الشبكات من تقديم ميزات مثل التخلي والتسليم (handover) إلا أنها كانت عاجزة عن تحقيق الارتباط بالشبكات الموجودة في البلدان المجاورة وذلك بسبب اختلاف الترددات و معايير الاتصالات المستخدمة من بلد لأخر وهذا كان أسوأ عيوب هذا الجيل من الشبكات اللاسلكية [1] [2] .

3-1 الجيل الثاني من الشبكات اللاسلكية (2G):

بعد التطور الكبير في الاتصالات الرقمية و استخدام تقنية الدوائر الإلكترونية (IC) و بسبب الحاجة إلى استخدام الاتصالات اللاسلكية ومع زيادة الرغبة في الحصول على قابلية التنقل بين البلدان تم تطوير الجيل الثاني من الشبكات اللاسلكية والتي تستخدم الاتصالات الرقمية وتقنيتي (TDMA , CDMA) حيث تمكن هذا الجيل من ربط أوروبا بشكل كامل بشبكة اتصالات وفق تردد 900 Mhz وتغيرت قيم هذا التردد أكثر من مرة إلى وقتنا الحاضر إلا أنها تمكنت من التخلص من عيوب الجيل الأول من الشبكات اللاسلكية [1] [3] .

4-1 الجيل الثالث من الشبكات اللاسلكية (3G) :

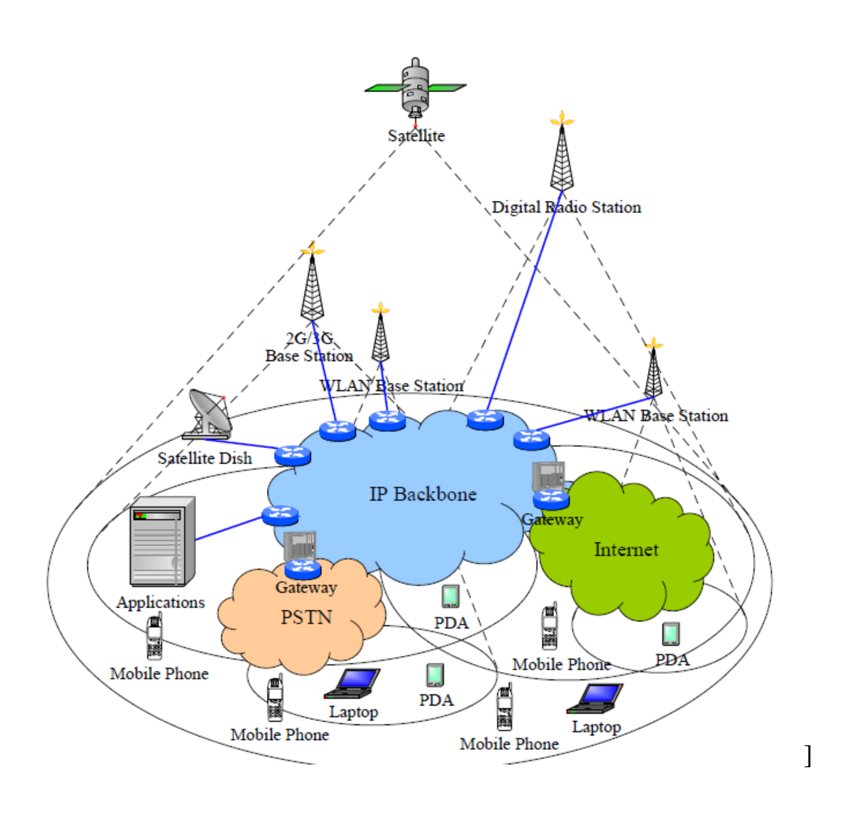
بعد النجاح الكبير الذي حققه الجيل الثاني من الشبكات اللاسلكية وبسبب زيادة تدفق تراسل البيانات و عدم قدرة الشبكة على خدمة أنواع جديدة من التدفقات تم ابتكار هذا الجيل من الشبكات والتي صممت لتخدم أكبر عدد ممكن من تطبيقات الإنترنت وتطبيقات الوسائط المتعددة باستخدام (WCDMA , TD-SCDMA) وسيتم تلخيص ميزات هذا الجيل على النحو التالي :

- ارتفاع معدل (bit rate) يصل إلى 2Mb
- اختلاف قيمة (bit rate) ليوفر عرض رزمة بحسب الطلب
- تقديم طريقة متناظرة و غير متناظرة لنقل البيانات
- خدمة الزبون باستخدام تقنيتي (packet and circuit switching)
- قابلية العمل باستخدام (IP)
- قابلية التنقل بين الشبكات العالمية
- مرونة كافية تمكنها من التعامل مع خدمات مختلفة لها متطلبات معينة لجودة الخدمة [5][4]

5-1 الجيل الرابع من الشبكات اللاسلكية (4G):

بسبب استمرار الضغط على الشبكات اللاسلكية وازدياد استعمالها في مجالات متعددة ودخول تطبيقات جديدة أبرزها تطبيقات الوسائط المتعددة بدأ الباحثون بالعمل على الجيل الجديد من الشبكات اللاسلكية و التي توفر رزمة كبيرة وسرعة فائقة ملائمة للخدمات الجديدة وتم وصف تطبيقات هذا الجيل من الشبكات بتطبيقات الوسائط المتعددة المحمولة لأنها تخدم هذه التطبيقات في أي وقت و في أي مكان.

إن الشبكات اللاسلكية تتضمن أيضا شبكات الاتصال بالأقمار الصناعية . الهدف الرئيسي من تطوير هذا الجيل هو تقديم زمن قصير جدا لإجراء عملية الاتصال باستخدام ال (IP) والميزة الرئيسية لهذا الجيل هو إمكانية التكيف مع التطبيقات . يتضمن هذا التكيف الإتصل بالخدمة بشكل آني وذلك تبعا لرغبة المستخدم و قدرة المستخدمين على القيام بتنفيذ تطبيق واحد بأشكال مختلفة . في مجال الاتصال بالشبكة فان التطبيق قابل للتحول لأشكال مختلفة وذلك ليتكيف مع وفرة المصادر والشكل (1-1) يوضح الجيل الرابع من الشبكات اللاسلكية [6] .



]

الشكل (1-1) الشبكات اللاسلكية الجيل الرابع [6]

وفي النهاية الجدول(1-1) يوضح الفروقات الأساسية و الميزات للأجيال الأربعة في الشبكات اللاسلكية :

جدول (1-1) الأجيال الأربعة للشبكات اللاسلكية

اسم الجيل	تاريخ بدء الاستعمال	Data rate(Mbps)	التقنيات المستخدمة
1G	1980	0.01	تشابهي
2G	1990	1 – 0.1	رقمي (TDMA,CDMA)
3G	2000	10 - 1	رقمي(W-CDMA ,TD-SCDMA)
4G	2010	10 - 100	رقمي تقنيات جديدة

و الجدول (1−2) يوضح التطبيقات المستخدمة في اللأجيال الأربعة للشبكات اللاسلكية :

جدول (1−2) التطبيقات المستخدمة في الشبكات اللاسلكية

اسم الجيل	التطبيقات المتاحة
1G	تطبيقات صوتية
2G	تطبيقات صوتية وتطبيقات تحتاج الى معدل بيتات منخفض
3G	تطبيقات صوتية وتراسل بيانات وتطبيقات محدودة من الوسائط المتعددة
4G	تطبيقات الوسائط المتعددة

الفصــل الثاني

جودة الخدمة . جودة الخبرة . جودة الأعمال

Quality of Service, Quality of Experience and Quality of business

1-2 مقدمة

تبذل جهود عالية من أجل تحسين جودة الخدمة في الشبكات بما يرضي الشريحة الأكبر من الزبائن لتحقيق متطلباتهم و لضمان استمرار اشتراك الزبائن بهذه الخدمة والذي يحقق الفائدة الاقتصادية للمؤسسة وبالتالي استمرارية العمل . يوجد عدد من المتحولات التي لها تأثير كبير على تحسين جودة الخدمة بالنسبة لهذا النوع من التطبيقات التي يمكن أن تنتشر على مساحة جغرافية واسعة، أعمال مختلفة، وتقنيات مختلفة

وبشكل عام فإن تقييم جودة التطبيقات المخدمة بواسطة الإنترنت يتم من خلال الجوانب الثلاثة التالية:

1- جودة الخدمة Quality of Service:

يتناول جوانب قياس الأداء من الخدمة ، مثل حجم إطار الفيديو، معدل البت معدل الخطأ، وزمن الاستجابة والتأخير هذه هي جوانب الخدمة التي يمكن قياسها والسيطرة عليها .

2- جودة الخبرة Quality of Experience :

يتناول تجربة الخدمة من وجهة نظر العملاء ويمكن لهذه القيم أن تتداخل مع مقاييس جودة الخدمة مثل سرعة الخدمة ، قابلية الوصول كون الخدمة مشجعة للزبائن .

3- جودة الأعمال Quality of business:

يتناول الجانب المالي لهذه الخدمة. أي يستخدم مقاييس مالية مثل تكلفة الخدمة والعائد المالي من إجراء الصفقات وتكلفة هذه الصفقات . وتجدر الإشارة الى أنه سيتم التطرق لكل منها مع بارمتراتها بشكل تفصيلي

هدف البحث

الهدف الرئيس من البحث هو تزويد الشبكات اللاسلكية المتباينة ببيانات تساعد على تحسين التحكم بتدفق المعلومات وبالتالي تحسين جودة الخدمة مع استخدام مفاهيم الزمن الحقيقي وربطها بتطبيقات الوسائط المتعددة عن طريق استخدام خوارزميات خاصة تحسن من معايير جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية كما يقدم البحث دراسة موسعة نوعا ما لبعض المعايير المتعلقة بهذه الجوانب ومعرفة متطلبات جودة الخدمة بالنسبة للتطبيقات المختلفة .

2-2 جودة الخدمة Quality of service:

يشير هذا المصطلح بالشكل العام إلى خصائص معينة للجودة مرتبطة بالخدمة نفسها فهي لا تتدخل في المستخدم أو مدى رضاه عن الخدمة أو الناحية المادية لهذه الخدمة. ويمكن لجودةالخدمة أن تنقسم إلى:

1- جودة الخدمة للتطبيقات Application quality of service:

تشير إلى مقاييس معينة مرتبطة بهذه التطبيقات مثل جودة الإشارة للتطبيق والترميز المعتمد

2- جودة الخدمة للشبكات Network quality of service:

تشير إلى جودة الخدمة من وجهة نظر الشبكة وفي سياق البحث سيتم الاستعاضة عنها بالرمز (QoS)

تشير جودة الخدمة إلى إمكانية قيام الشبكة بخدمة عدد معين من التدفقات بحسب حاجاتها الخاصة أي تقدم خدمة أسرع و أولوية عالية لبعض التدفقات في حين تقدم أفضل جهد ممكن لتقديم جودة جيدة من الخدمة لبقية التدفقات وذلك اعتمادا على السياسة المتبعة لهذه الخدمة . قامت شركة Cisco بتعريف جودة الخدمة على النحو التالي:

تشير جودة الخدمة إلى إمكانية الشبكة تقديم خدمة أفضل لتدفقات مختارة تتبع تقنيات مختلفة (مثل شبكات الـIP، SONET، شبكات Ethernet ، شبكات 802,1)

الهدف الرئيسي من استخدام جودة الخدمة هو تقديم أولوية كتحديد عرض رزمة أو ذبذبة أو تأخير زمني متحكم بهم وتحسين الأداء العام لخواص الشبكة ومن المهم معرفة أن تقديم أولوية لبعض التدفقات لا يعني حدوث فشل في بقية هذه التدفقات لذلك فان تقنية جودة الخدمة ستكون الحجر الأساس الذي سيستخدم في الأغراض المستقبلية لتطبيقات الشبكات اللاسلكية [7].

2-2-1 معايير QoS:

يمكن استخدام عدد من المقاييس تبعا للجزء المدروس من النظام و يتضمن ذلك قابلية الخدمة والتغطية، زمن الاستجابة، زمن الاتصال و غيرها الكثير ولكن عندما نقوم بفحص تدفق البيانات من مصدر التطبيق والانتقال خلال الشبكة إلى الهدف هنا ثلاث معايير رئيسية تتدخل بشكل مباشر و تؤثر على جودة التطبيق عند الهدف هذه المعايير هي التأخير الزمني الذبذبة و خسارة الرزم .

- التأخير الزمني delay time:

في عالم الشبكات يعرف زمن التأخير على أنه الزمن المستغرق بين إرسال رزمة من المصدر إلى الهدف ويمكن قياسها في نقط متعددة من الشبكة ومكونات التأخير تتضمن:

1. الوقت اللازم لإرسال البيانات ضمن وسط النقل.
2. التأخير الحاصل أثناء الانتقال والذي يتضمن:
   a. الزمن المستهلك لترتيب المهام في طابور المرسل أو الموجه أو حتى المبدلات خلال تدفق المسار في الشبكة
   b. الزمن المستغرق في الجدولة وعملية المعالجة عند المرسل أو المستقبل أو الموجه أو المبدلات المنتشرة في الشبكة
3. التأخير الحاصل خلال تجميع المعلومات ضغطها و فرزها في رزم

- الذبذبة jitter :

يشير إلى اختلال في التأخير الزمني لبعض الرزم في تدفق معين و بتعبير آخر هو قياس الفرق بالتأخير الزمني بين رزم مرتبطة ببعضها وتابعة لتدفق واحد. هناك عدة عوامل تسبب الذبذبة خلال مرحلة التدفق في الشبكة هذه العوامل تتضمن تغيير في الوسط خاصة في وسط الشبكات اللاسلكية بالإضافة إلى تغيير سريع في اتجاه مسار التدفق أو تغيير في حمل التدفق و الجدولة ضمن الشبكة .

هناك طريقتان أساسيتان لحساب الذبذبة:

1. استخدام معادلات تحسب الفرق الزمني بين زمن تأخير رزمة
2. حساب التأخير الزمني المتغير لتدفق معين

الطريقة الأولى تستخدم Real Time Protocol (RTP) من اجل كل رزمة (i) في تدفق

(S_i) هو الزمن صدور رزمة من المرسل.

(D_i) هو زمن وصول رزمة إلى الهدف.

فيكون زمن التأخير للرزمة (i) هو

$$D_{ii} = R_i - S_i \quad (1\text{-}2)$$

والفرق في التأخير الزمني بين رزمة (i) و رزمة ثانية هي (j) يعطى بالعلاقة التالية

$$D(i, j) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) \quad (2\text{-}2)$$

فتكون الذبذبة عند رزمة (i) هي على الشكل التالي

$$J(i) = J(i - 1) + 1/16(|D(i - 1;i)| - J(i - 1)) \qquad (3\text{-}2)$$

أما الطريقة الثانية تحسب الاختلافات بالنسبة للمجموعة :{di}

$$\text{delay variation} = \frac{\sum d^2}{n} - \left(\frac{\sum d^2}{n^2}\right) \qquad (4\text{-}2)$$ [8]

- خسارة الرزم packet loss :

تحدث الخسارة في الرزم عندما يتم إرسال رزمة ضمن الشبكة ولا تصل إلى الهدف و غالبا تحدث عندما يكون هناك حمل كبير في الشبكة أو عندما تكون إشارة الشبكة ضعيفة أو غير مستقرة وغالبا ما يتم وصف هذه الحادثة باستخدام النسبة المئوية المعبرة عن ضياع عدد الرزم بالنسبة للرزم التي تم إرسالها في الشبكة.

2-3 جودة الخبرة Quality of Experience

تحاول جودة الخبرة أن تقيس مدى خبرة المستخدم بالنسبة للتطبيق، وتتعلق جودة الخدمة بمعايير قياسية سهلة نسبيا مثل التأخير الزمني. أما جودة الخبرة فليس من الضروري أن تكون سهلة القياس ذلك لأن الخبرة هي صفة متغيرة من مستخدم لآخر بحسب خلفيته الثقافية وبحسب اختلاف تجربته الشخصية، ويعتبر تعريف جودة الخبرة حساس خصوصا للأنظمة ذات التفاعلية العالية مثل (VoIP). و يمكن أن تفحص فعالية هذا النظام من خلال معايير متساهلة أي متغيرة تساعد على تحسين الأداء [10][9] .

2-3-1 معايير جودة الخبرة QoE Metrics :

إن الهدف الرئيسي من هذه المعايير هو إيجاد مقياس يهتم بمعرفة أداء النظام وبشكل خاص من اجل استنتاج متطلبات جودة الخدمة التي يحتاجها انطلاقا من الخبرة التي يتمتع بها لذلك نجد أن بعض مقاييس جودة الخبرة تتوافق مع مقاييس جودة الخدمة مثل الوفرة وزمن الاستجابة وبما أن هناك اختلاف في التطبيقات و الخدمات المتاحة مما يؤدي إلى وجود اختلاف في معايير جودة الخبرة.

فـي بعـض الأحيـان تختبـر الدراسـات المختلفـة مظـاهر متنوعـة مـن الخبـرة للمسـتخدمين فتنـتج طـرق جديـدة لقيـاس فاعليـة الخدمـة مـن الأمثلـة المعروفـة عـن مقـاييس جـودة الخبـرة هـو (MOS) المسـتخدم فـي تطبيقـات (VoIP) و تطبيقـات الفيـديو حيـث درس تـأثير جـودة الخدمـة علـى خبـرة المسـتخدم لفتـرة طويلـة و تـم تعريـف هـذا المعيـار علـى الشـكل التـالي:

هو طريقة قياس تعبر عن رأي ومدى فهم المستخدم للتطبيقات من 1 إلى 5 حيث تقابل الصفات التالية:

سيء – ضعيف – مقبول – جيد – ممتاز [11] .

2-3-2 تأثيرات QoS على QoE:

سنقوم بدراسة هذه التأثيرات و ذلك تبعا للتطبيقات المختلفة وندرس تأثير جودة الخدمة على جودة الخبرة للتطبيقات التالية :

- تطبيقات أنظمة الزمن الحقيقي

باتت الاتصالات الحديثة سواء أكانت صوتية أو فيديو تستخدم شبكة الإنترنت بطريقة واسعة ومما زاد من انتشارها زيادة عرض الرزمة المستخدم وذلك بسبب تطوير التقنيات المتبعة في الطبقة الفيزيائية. وتعرف تطبيقات الزمن الحقيقي على أنها تطبيقات يجب أن تصل فيها البيانات إلى الهدف ضمن فترة زمنية قصيرة جدا من لحظة الإرسال فالمعيار الأساسي المهم لنجاح هذه التطبيقات هو وجود تأخير زمني قليل جدا والهدف الرئيسي للمصممين هو إتمام الاتصال كما لو أنه كان بين مستخدمين في غرفة واحدة كمثال على ذلك في تطبيقات (VoIP) حيث إذا زاد التأخير الزمني يؤدي إلى وجود اختلال وبالتالي نقصان الـ (QoE) لهذا الاتصال. أصدر معهد (ITU-T) بعد الدراسات توصية خاصة تقول أن التأخير الزمني لاتصال باتجاه واحد يجب أن يكون تحت 150ms وان التأخير بين (400 – 150) يمكن اعتباره مقبول للاتصالات الدولية أما إذا زاد عن 400 فهو غير مقبول وقد قامت الدراسة ببحث التأخير الزمني على المكالمات الصوتية شاملة لـ70 مستخدم يقومون بمهام مختلفة في مواقع مختلفة باقتراح تأخير زمني و كانت النتائج أن معدل (QoS) انخفض من (جيد – مقبول) إلى (مقبول – فقير) في حالة كان التأخير الزمني المقترح يزداد بين (0–500) [12] .

أما الذبذبة فهي مهمة جدا في تطبيقات (VoIP) وذلك لأن كل التطبيقات تقوم بإرسال تدفق من البيانات بترتيب معين والاختلال الكبير في التأخير الزمني عند الهدف بالنسبة لرزم مترابطة يؤدي إلى خلل كبير في الخرج إن buffer الذبذبة يستخدم لتخزين الرزم عند الهدف لذلك يكون التطبيق قادر على الوصول إلى البيانات ضمن تردد معين وبالترتيب المناسب ووجد الباحثون أن التطبيقات التي لا تستخدم buffer الذبذبة عند الهدف فيكون الاتصال الذي يملك تأخير زمني ثابت و قريب للمثالي أي قريب من 0.5ms سيقابل اقل نتيجة بين1–5.

إن زيادة الذبذبة تؤدي إلى حصول فراغات شاذة مما يؤثر على الخرج مما يؤدي إلى وصول الرزم متأخرة جدا وأوضحت الدراسة بان تأخير زمني بوجود buffer ذبذبة 10 ms و المصدر يملك تأخير زمني حتى 12 بحيث يبقى الأداء مقبول وأوضحت Cisco أن الذبذبة يجب أن تكون تحت 30ms لتطبيقات (VoIP) [14] [13] .

خسارة الرزم في تطبيقات (VoIP) تؤدي إلى حدوث قطع و تجاهل في بعض المقاطع مما يجعل المكالمة صعبة الفهم، فحتى 1% فقدان للرزم يمكن أن تضعف جودة الاتصال افترضت Cisco أن خسارة الرزم في (VoIP) يجب أن تبقى تحت 1 % وأوضحت الدراسة انه باستخدام تقنيات معينة و رزم ذا حجم صغير يمكن أن نحسن من المردود في (MOS) حيث أوضحت الدراسة بان 3.8 على (MOS) يمكن أن يتحقق حتى بوجود 5 % فقدان من الرزم باستخدام تقنية (packetisation internal and error concealment) وجد أن الخسارة بين 5 –10% هي الحد الأعلى المسموح به وإلا ستصبح جودة الخدمة سيئة جدا [16] [15] [13] .

- التطبيقات التي لا تعمل بأنظمة الزمن الحقيقي:

إن التطبيقات التي تتبع هذا الأسلوب في التشغيل تحتاج عادة إلى عرض رزمة معين دون الأخذ بعين الاعتبار الوقت اللازم لوصول البيانات من المرسل إلى المستقبل وتكون قليلة التأثير بالتأخير الزمني أو الذبذبة إلا أنها تحتاج إلى العمل ضمن أولوية معينة لتعمل بشكل صحيح.

من الأمثلة عن هذه التطبيقات الملفات الصوتية و مقاطع الفيديو التي تعمل عند الطلب هذه التطبيقات لا تحتاج إلى عملية الولوج إلى البيانات في لحظة الإرسال.

فالتدفق الموسيقي سواء أكان صوتي أو فيديو يتم تسجيله خلال فترة معينة والطلب يتم عليه بحسب الحاجة على عكس مقاطع الفيديو المباشرة لذلك فان مشغلات الوسائط المتعددة تملك buffer تخزين كبير تعتمده معظم الشركات التجارية المبرمجة لهذه الملفات تستخدم لمساعدة المشاهدين بمتابعة مقاطع الفيديو والأغاني بتردد حتى أعلى من تردد التحميل أثناء الاتصال بالشبكة.

- التطبيقات التي تحتاج أفضل جهد ممكن:

هذه التطبيقات لا تتطلب أي مقاييس لجودة الخدمة والتطبيق يقوم بإرسال البيانات دون أي ضمانة فمن الممكن أن يصل أو لا يصل إلى الهدف ولا يوجد قيود لأي وقت يمكن أن تصل فيه البيانات إلى الهدف فإذا حصل خطأ خلال الإرسال أو تم ضياع بعض الرزم فمن الممكن إعادة إرسالها مما يؤدي إلى حدوث

تأخير زمني، من الأمثلة عن هذه التطبيقات تطبيقات التصفح والإيميل هذه التطبيقات لا تملك قيود وصول عرض رزمة أو تأخير زمني للقيام بعملها بطريقة صحيحة فهي لا تتمتع بقيود أو متطلبات لجودة الخدمة.

2-4 جودة الأعمال Quality of Business

إن معايير جودة الأعمال تفحص بشكل خاص العائد المادي للخدمة وهذا يتضمن سعر الخدمة والمعدات والعائد المادي لمزود الخدمة من جراء تقديمه لهذه الخدمة. وفي مجال الشبكات يمكن أن يعبر عن مقاييس (QoBiz) بمصطلح (SLAs) و بما أن الحاجة للخدمات الشبكية بازدياد والمنافسة قوية بين الشركات المزودة للخدمة فأصبح (SLAs) أكثر تعقيدا [18] [17] .

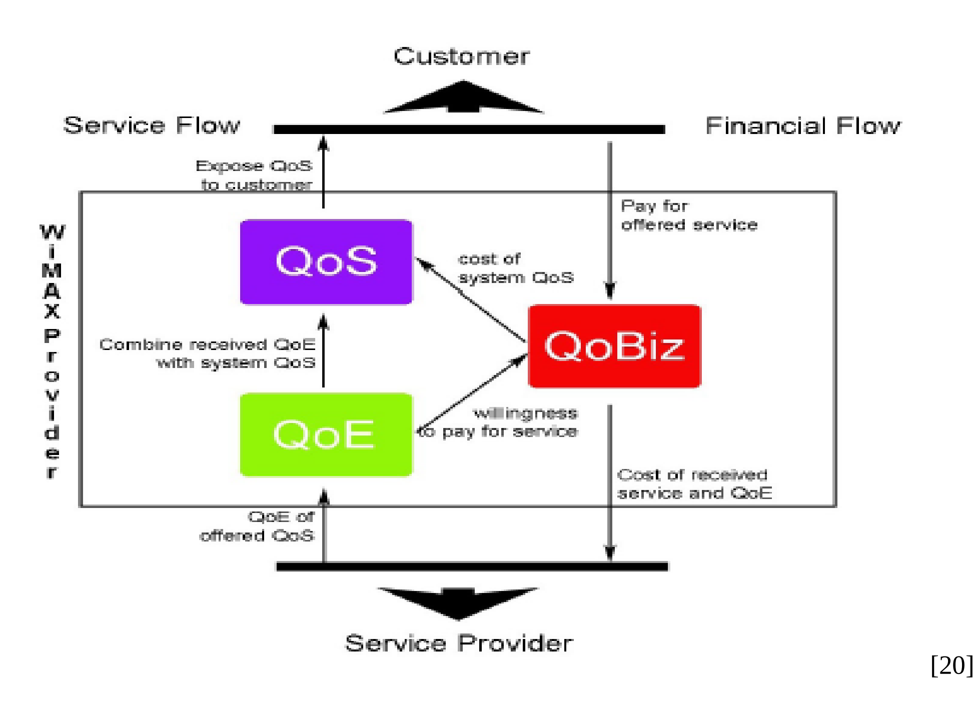
يمكن تعريف (SLAs) على انه اتفاقية بين طرفين تتضمن السعر، الخدمة والمسؤولية بالإضافة إلى الضمانات المقترحة للخدمة المفروضة يمكن أن تكون هذه الاتفاقية بين مزودين مختلفين للخدمة مثل الاتفاقية الموقعة بين شركتي (Telstra and Optus) أو بين مزود الخدمة و المستخدم.

يمكن لـ(SLAs) أن يغطي مناطق جغرافية مختلفة فهي تحدد ثمن الخدمة ومقاييس معينة لمعرفة جودة الخدمة بالإضافة إلى الجزاءات المترتبة على مزود الخدمة في حالة كان الخدمة تحت المستوى المطلوب.

هناك عدد من الخدمات و المعايير التي تتضمنها الـ(SLAs) لذلك فان كل مزود خدمة يبتكر (SLAs) خاص بشركتها لتغطية الخدمة التي يقدمونها [20] [19] .

2-5 العلاقة بين QoE، QoS وQoBiz:

في أي خدمة متعلقة بالإنترنت كل مزود خدمة له سياسته الخاصة فيما يتعلق بـ QoS، QoE، QoBiz للاشتراك بنظام انترنت معين موصوف على انه (IEEE 802.16) يقدم خدمة الإنترنت للمستخدمين في مساحة جغرافية واسعة كما في الشكل (2-1).



[20]

الشكل (2−1) العلاقة بين معايير الجودة الثلاثة (QoS , QoB , QoE)

الجانب اليساري من المخطط يوصف تدفق المعلومات حيث أن مزود الخدمة يستقبل الخدمة باستخدام بنى هيكلية معينة مرتبطة مع مزود آخر و هذه الخدمة يكون لها مستوى معين من جودة الخدمة فيقوم مزود الخدمة بتمرير الخدمة إلى المستخدم من خلال نظام جودة خدمة خاص به. أما الجانب اليميني من المخطط فيشير إلى الناحية المادية لهذه الخدمة حيث أن المستخدم عليه أن يدفع لقاء خدمة معينة وكل مستخدم بدوره عليه أن يدفع تبعا للخدمات التي يمتلكها. إذا استقبل مزود الخدمة طلب خدمة كان له جودة خبرة عالية فان مزود الخدمة عليه أن يدفع أكثر لقاء هذه الخدمة المرجوة و عليه فان العائد المادي من المستخدم يؤثر على جودة الأعمال المرتبطة بالخدمة.

الفصــل الثالث

جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية

QoS in WLAN

3-1 مقدمة

من المعروف أن البروتوكول IEEE 802.11 هو من أكثر المعايير انتشارا حيث أن الشبكات اللاسلكية تدعم تراسل بيانات حتى (54Mbps) ضمن مجال يتراوح بين(300-30 m). صمم هذا المعيار بشكل أساسي ليقدم أفضل جهد ممكن لتوفير خدمة إرسال البيانات باستخدام تابعين أساسيين عرفهما هذا المعيار وهما يختصان بالولوج إلى الوسط الناقل ويعملان في طبقة (MAC) هما:

- التابع الرئيسي(Distributed Coordination Function (DCF.
- التابع الاختياري(Point Coordination Function (PCF.

• التابع الرئيسي (Distributed Coordination Function (DCF:

يتميز هذا التابع باستخدام (Carrier sense multiple access with collision avoidance) (CSMA/CA) و هو يستخدم تقنية (Contention – based) وذلك من اجل الولوج الموزع إلى الوسط الناقل وهو لا يقدم أي ضمانات من اجل التأخير الزمني أو لمردود وكنتيجة لذلك يمكن أن تعاني تطبيقات الزمن الحقيقي من حصول تأخير زمني كبير أو مردود منخفضة.

• التابع الاختياري (Point Coordination Function (PCF:

وهو عبارة عن تابع مركزي اختياري للتحكم بالدخول إلى الوسط الناقل في طبقة (MAC) وهو صمم من اجل توصيل و تجهيز مكونات الشبكات اللاسلكية معتمدا على تقنية (Contention – Free) والتي صممت لتقديم جودة الخدمة من اجل تطبيقات الزمن الحقيقي وبالرغم من ذلك هناك بعض المشاكل والتحديات وذلك لأن متطلبات الخدمات التي تعمل بأنظمة الزمن الحقيقي لا يمكن تلبيتها والمعوقات الأساسية تشمل تأخير في زمن (beacon) والزمن الغير معروف المستغرق في (polled station) .[21].

3-2 جودة الخدمة في البروتوكول IEEE 802.11e:

إن مجموعة العمل التي قامت بتطوير هذا البروتوكول قامت بتعريف طريقة للولوج إلى الوسط بحيث تحسن من مقومات جودة الخدمة في هذا البروتوكول مقارنة مع النسخة الأصلية منه و أضافت تابع جديد يعمل في طبقة (MAC) هو .hybrid coordination function (HCF) و التحسين بجودة الخدمة يصبح متوفر بالنسبة ل(QAP) (QoS access point) المرتبطة بدورها (QSTA) (QoS station) . إن هذا التابع هو عبارة عن تابع هجين بين التابعين الأساسين الموجودين في المعيار الأساسي ويقدم أولويات

خاصة ومعايير لجودة الخدمة للـ(QSTA). يستخدم هذا التابع الهجين كلا من تقنية (Contention – based) و يطلق عليه اسم: enhanced distributed channel access (EDCA) و تقنية (Contention – Free) وأطلق عليها اسم : controlled channel access (HCCA).

إن تابع (EDCA) يمتلك جميع الصفات الأساسية الموجودة في تابع (DCA) الذي يعمل في البروتوكول الرئيسي ويقدم تفاضلية في الخدمة عن طريق أولويات معينة للوصول إلى الوسط الناقل في الشبكات اللاسلكية. وتكون هذه الأولويات مدعومة من خلال توزيعها على أربع فئات (access categories ACs) كما هي موضحة في الجدول (3–1):

الجدول (3–1) فئات الأولويات في تابع EDCA

Designation توصيف	AC	Priority الأولوية
Background خلفي	AC_ BK	Lowest منخفضة
Best Effort أفضل جهد	AC_ BE	
Video الفيديو	AC_ VI	Highest مرتفعة
Voice الصوت	AC_ VO	

كل واحدة من هذه الفئات تملك طابور خاص للإرسال و تابع مشغل للولوج للوسط الناقل يدعى Enhanced distributed channel access function (EDCAF) مع مجموعة من البارامترات الخاصة بكل فئة حيث أن كل بارامتر يتضمن:

- arbitration inter-frame spacing (AIFS).
- Contention window (CWmin).
- Contention window (CWmax).

تحافظ الفئات التي تملك أولوية عالية على قيم متباعدة لكل من (AIFS), و CWmin وذلك كي تربح احتمالية عالية للولوج الناجح إلى الوسط الناقل. وهذه البارامترات يمكن حساب قيمها من آخر قيم متوفرة من

بارامترات (EDCA) عن طريق إشارات المنارة الصادرة من (QAP) ومن حساب قيم هذه المتغيرات فان التأخير الزمني الخاص بتطبيقات الوسائط المتعددة يمكن تحسينه.

يقدم البروتوكول IEEE 802.11e خدمات تفاضلية باستخدام (HCF) مثل تأخير زمني حساس لتدفقات الوسائط المتعددة حيث يملك أولوية عالية للولوج للوسط ويكون أداء التدفقات الخاصة بالوسائط المتعددة باستخدام (EDCA) أعلى بكثير مقارنة مع (DCF) الأصلي.

عند غياب تخصيص موارد أو إدارة قوية و حمل الشبكة عالي سيكون من الصعب تقديم ضمانات لجودة الخدمة باستخدام التفاضلية فلا يحقق (EDCA) النتيجة المرجوة و خاصة من اجل تطبيقات الوسائط المتعددة أما باستخدام (HCCA) الذي يقدم ضمانات وذلك لاعتماده على نظرية (POLLING) و لكن بالرغم من ذلك فانه بإجراء مقارنة بسيطة بين (EDCA)و (HCCA) فان (HCCA) أكثر تعقيدا وغير فعال في كثير من المواقف بالإضافة إلى انه صعب الإدارة [22] .

3-3 جودة الخدمة في البروتوكول IEEE 802.16:

صمم البروتوكول IEEE 802.16 ليقدم رزمة لاسلكية كبيرة وواسعة الانتشار مع متطلبات لجودة الخدمة فهي تدعم تراسل البيانات حتى (130Mbps) هناك نمطين لمشاركة الوسط النمط الأول هو(the point-to-multipoint) حيث كل محطة تخدم مجموعة من المشتركين من خلال الهوائيات التي تغطي المنطقة حيث أن كل (SS subscriber station) تستقبل نفس المرسلات من (BS base station) و توجه الانتقالات من الـ (SSs) إلى الهدف المفصح عنه في المحطة الرئيسية النمط الثاني mesh mode وهو نمط اختياري حيث توجه التدفقات من مختلف الـ(SSs) و يمكن أن تحدث مباشرة ضمن (SSs).

يتميز هذا البروتوكول بوجود :

- Uplink وهو مسار لنقل البيانات من (SSs) إلى (BS) و هنا تقوم الـ (SSs) بمشاركة الوسط باستخدام تقنية (TDMA Time-division multiple access) علما أن هناك تقنيات خاصة لاستخدام (duplexing)
- Downlink وهو مسار لنقل البيانات من (BS)إلى (SSs) علما أن البيانات تنتقل باستخدام (frame-based) حيث يتم إجراء تعميم لنشر البيانات و تقوم كل (SSs) بالانتباه (PDU) الصادرة عن (BS) وتقوم بعد ذلك (SS) الهدف بالحصول على البيانات المطلوبة.

عند استخدام (FDD frequency division duplex) فان قنوات (uplink and downlink) تعملان ضمن ترددات مختلفة وكل (SS) يمكن أن تعمل إما (full duplex) أي يمكن الإرسال والاستقبال بنفس الوقت أو (half duplex) أي إنها أما تفعل القناة التي تستقبل أو القناة التي ترسل.

أما عند استخدام تقنية (TDD) فان (uplink and downlink) تقومان بعملية التراسل في فترات زمنية مختلفة ولكن ضمن نفس التردد.التقنية المتبعة في طبقة (MAC) هي تقنية (connection – oriented) والبيانات المتوفرة تحتوي على بيانات انتقال و تحكم عند بدية أي عملية (downlink) هناك ما يسمى

- (downlink map) ويرمز لها ب (DL-MAP)
- (uplink map) ويرمز لها ب(UL-MAP)

و تحتوي كل خريطة على زمن العمل لكل مسار منهما ويتم التحكم بالولوج إلى الوسط باستخدام (BS) ويتم تحديد عرض الرزمة عن طريق طلب من (SS) و يتم تحديد عرض رزمة (uplink) من خلال (BS) حيث يقوم كل (SS) بإجراء عملية جدولة محلية وذلك لإعادة توزيع الرزمة على كافة الاتصالات المطلوبة وهناك عدة تقنيات مستعملة لحساب عرض الرزمة

- unsolicited requests
- unicast polls
- broad cast/multicast polls and piggybacking

إن طبقة (MAC) في IEEE 802.16 تحدد أربع خدمات متوفرة لعملية الجدولة وذلك لتقابل متطلبات جودة الخدمة و خاصة المتعلقة الزمن الحقيقي

- خدمة المنح غير الملتمس unsolicited grant service (UGS)
- الانتخاب الفوري real-time polling service (rtPS)
- خدمة الانتخاب الغير الفورية non-real-time polling service (nrtPS)
- أفضل خدمة ممكنة Best effort

كل تقنية من هذه التقنيات تتميز بمواصفات خاصة محددة من المصنع لتتقابل مع معايير جودة الخدمة حيث كل واحدة منها تقدم مجموعة من الضمانات الخاصة التي صممت من أجلها هذه التقنية من أجل إجراء اتصال (uplink) يجب تحديد عرض الحزمة المناسب للقيام بهذه العملية ومن اجل الحصول على تأخير زمني مقبول وأداء جيد لا بد من استعمال تقنيات خاصة بالجدولة وإدارة الموارد المتاحة [23] .

3-4 الدراسات المرجعية:

يعتبر موضوع جودة الخدمة بمعاييره المختلفة من الأمور التي لاقت اهتماما واسعا وخاصة في عصرنا الحديث كما أن الشبكات اللاسلكية أصبحت عصب الحياة وموضوع الربط بين الشبكات غير المتجانسة أصبح أمرا واقعا وحاجة ملحة وخاصة للمستخدمين الذين يتعاملون مع تطبيقات الوسائط المتعددة الرائجة الانتشار وقد تم استعراض عدد من الأبحاث العلمية ورسائل لنيل درجات الدراسات العليا بكافة اختصاصاتها و سيذكر على سبيل المثل لا الحصر:

1- Improvement of performance of heterogeneous WIMAX system by using relay networks - Şule Öztürk - Başkent University – Turkey 2013.

2-A cross-layer mechanism for QOS improvements in VoIP over multi-rate WLAN networks - Anna Sfairopoulou – University Pompeu Fabra - April 2008.

3-Vertical Handover between 802.11and 802.16 Wireless Access Networks – Yongqiang Zhang -University of Waterloo - Waterloo, Ontario, Canada, 2008.

4-Quality of Service Technologies for Multimedia Applications in Next Generation Networks - Tatiana Onali - University of Cagliari – 2012.

5-Comparative study of an integrated QoS in WLAN and WiMAX - Ye Wang, Xiao-Lei Zhang, Weiwei Chen, Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee – 2010.

6- Performance Evaluation of Quality of VoIP in WiMAX and UMTS-Sheetal Jadhav, Haibo Zhang and Zhiyi Huang -University of Otago,- New Zealand 2012.

وسيتم إجراء مناقشة لبعض هذه الدراسات و ذلك لاحتوائها على أفكار هامة تهم الموضوع المطروق

3-4-1 الدراسة الأولى:

Improvement of performance of heterogeneous WIMAX system by using relay networks - Şule Öztürk - Başkent University – Turkey 2013.

هدف الدراسة هو العمل على تحسين مردود شبكة مبنية باستخدام معيارين هما (IEEE 802.11 & IEEE 802.16) وقام الباحث بدراسة معمقة للمعيار IEEE 802.16j الذي يعتبر من المعايير الحديثة و تم استخدام تقنية relay networks للوصول إلى الهدف المرجو وقد تم وضع أكثر من سيناريو مختلف من حيث بنية الشبكة ودراسة عدد من خوارزميات التوجيه وطرق توزيع relay stations وكانت التطبيقات المستخدمة في الدراسة هي تطبيقات وسائط متعددة وذات الامتداد MPEG2 علما أن الباحث توصل إلى

نتيجة تقضي بأهمية تحسين لمردود للشبكة الهجينة وذلك ليتماشى مع الجيل الجديد من الشبكات اللاسلكية 4G.

2-4-3 الدراسة الثانية:

A cross-layer mechanism for QOS improvements in VoIP over multi-rate WLAN networks - Anna Sfairopoulou – University Pompeu Fabra - April 2008.

هدف الدراسة هو توفير جودة الخدمة للمكالمات الصوتية التي تعمل على أكثر من تردد في الشبكات اللاسلكية والعمل على تقليل نسبة فشل تراسل التدفقات في حالة اهتزاز السعة الناتج عن تقليل تردد القناة الناقلة تم استخدام نظرية cross layer لتحويل الصوت إلى رموز تنتقل في الشبكة اللاسلكية ولمراقبة متطلبات جودة الخدمة لتحقيق هذه الخوارزمية تم بحث حالتين:

- مركزية: برمجة Access Point
- موزعة: برمجة الأجهزة المتصلة بالشبكة

المعيار الأساسي كان سرعة توفير code adaption لتدفق يتطلب جودة خدمة معينة بفرض أن الاتصال مستمر ولم يتعرض لتشويه أو مقاطعات وتم دراسة قابلية عمل هذه الخوارزمية بوجود admission control دراسة عامل QOS وفي النهاية تم التوصل إلى أن خوارزمية cross layer ليست كافية بمفردها و تحتاج إلى محسنات أخرى لضمان جودة الخدمة.

2-4-3 الدراسة الثالثة:

Vertical Handover between 802.11and 802.16 Wireless Access Networks – Yongqiang Zhang -University of Waterloo - Waterloo, Ontario, Canada, 2008.

هدف الدراسة هو العمل على توصيل البيانات بين شبكتين لاسلكيتين كل واحدة منها مبنية اعتمادا على معيار معين (IEEE 802.11 & IEEE 802.16) توصيل البيانات يجب أن يحقق متطلبات جودة الخدمة وقد تم دراسة تطبيق مهم وواسع الانتشار وهو (VOIP) وقد تم استخدام ما يسمى بال (vertical handover) لربط الشبكتين المختلفتين وتمكن الباحث من حل مشكلة هامة والتي كان لابد من التخلص منها وهي (delay time) ومن ثم تم الانتقال إلى اختيار admission control لضمان نوعية جودة الخدمة ويقوم بتحويل الاتصال إلى الشبكات المجاورة في حال وجود ضغط. وانتهت هذه الدراسة بالتوصل إلى حلول للمشاكل التالية:

- Throughput
- Handover delay

وبعد إتمام الإطلاع على جميع الأبحاث التي تم ذكرها تم تشكيل الجداول (3−2) و (3−3) والتي توضح مقارنة بسيطة بين هذه الدراسات:

جدول (3−2) مقارنة بين الدراسات المرجعية من حيث التطبيق المدروس

رقم الدراسة	معيار بناء الشبكات	التطبيق المدروس	الهدف من الدراسة
1	IEEE 802.11 IEEE 802.16j	MPEG2	المردود
2	إصدارات مختلفة من IEEE 802.11	VOIP	QOS
3	IEEE 802.11 IEEE 802.16	VOIP	توصيل البيانات
4	شبكاتMPLS	Video streaming	QOS والتحكم بعرض الرزمة
5	IEEE 802.11e IEEE 802.16e	VOIP and video streaming	QOS
6	IEEE 802.16 , UMTS	VOIP	QOS

جدول (3-3) مقارنة بين الدراسات المرجعية من حيث المحاكي المستخدم

رقم الدراسة	معيار بناء الشبكات	المحاكي المستخدم	ملاحظات
1	IEEE 802.11 IEEE 802.16j	OPNET 14.5 full modeler	تم استخدام تقنية Network relay
2	إصدارات مختلفة من IEEE 802.11	NS2	تم استخدام تقنية Cross layer
3	IEEE 802.11 , IEEE 802.16	NS2	تم استخدام Admission control
4	شبكات MPLS	OPNET 14.5 full modeler	تصميم خوارزمية
5	IEEE 802.11e IEEE 802.16e	OPNET16 full modeler	مناقشة كل شبكة دون ربط
6	IEEE 802.16 , UMTS	OPNET 16 full modeler	إعداد خصائص معينة

الفصــل الرابع

التخلي و التسليم في الشبكات غير المتجانسة

Heterogeneous Handover

4-1 مقدمة:

صدر في السنوات الأخيرة معايير متعددة لبناء الشبكات اللاسلكية تختلف فيما بينها من حيث المساحة المغطاة والسرعة وغيرها من خصائص الطبقة الفيزيائية وخصائص الوسط الناقل وقد لاقت انتشارا واسعا ومن المفيد لمستخدمي الشبكات اللاسلكية تمكنهم من الانتقال بين شبكات خاضعة لمعايير مختلفة في هذا الفصل سنقوم بدراسة الانتقال بين هذه الشبكات والعمل على تحديد الشبكة الهدف والحفاظ على جودة الخدمة بالنسبة لتدفق أو لمستخدم معين ومعرفة بعض المشاكل الطارئة.

4-2 أنواع التخلي و التسليم في الشبكات Types of network handover:

تقوم (mobile node MN) بعملية تسليم أي أنها تنتقل بين شبكتين مختلفتين فهي تنقل اتصالها من شبكة لأخرى دون أن توزع التدفق الموجود والهدف الرئيسي من القيام بعملية التخلي و التسليم بالنسبة للباحثين هو السماح لتدفق خاص بال (MN) الانتقال بين الشبكات المختلفة دون أن يلاحظ المستخدم ودون حدوث أي اختلال أو تقصير في الخدمة. ويقسم التخلي و التسليم إلى ثلاثة أنواع رئيسية و يعتمد هذا التقسيم على الوقت اللازم لإضافة اتصال جديد بالشبكة الهدف وقطع الاتصال القائم بالشبكة الحالية:

- التخلي و التسليم الناعم Soft handover:

يعرف هذا النوع من التخلي و التسليم (make – before – break) حيث تكون (MN) قابلة الاتصال بالشبكتين فهي تتصل بالشبكة الهدف واتصالها لا يزال قائما بالشبكة الحالية ومن السهل القيام بهذا النوع من التخلي و التسليم حيث يتم مضاعفة الرزم و ترسل في كل من الشبكة الهدف والشبكة الحالية حتى يتم إلغاء الاتصال بالشبكة القديمة هذا النوع من التخلي والتسليم يتطلب أن تكون (MN) قابلة للاتصال في اللحظة نفسها بشبكتين مختلفتين.

- التخلي و التسليم القاسي Hard handover:

يعرف أيضا باسم (break before make handover) في هذه الحالة تقوم الـ (MN) بقطع اتصالها بالشبكة القديمة قبل أن تقوم بإجراء اتصال بالشبكة الهدف ويلجأ إلى هذا النوع من التخلي و التسليم عندما تكون الشبكة المستخدمة والشبكة الهدف تتمتعان بنفس المعيار بالنسبة للطبقة الفيزيائية وتكون(MN) قابلة للاتصال مع شبكة واحدة في الوقت نفسه لذلك يتوجب قطع الاتصال بالشبكة الحالية قبل أن إنشاء اتصال

جديد مع الشبكة الهدف و هنا نلاحظ وجود اختلال في الخدمة عند الانتقال من شبكة لأخرى كتأخير زمني وذلك بسبب الوقت الضائع في قطع الاتصال و إنشاء الاتصال الجديد.

- التخلي و التسليم شبه الناعم Semisoft handover:

في هذا النوع من التخلي و التسليم هناك إجراء متبع يقضي بإنشاء خط وصل مع الشبكة الهدف قبل أن يتم قطع الاتصال بالشبكة الحالية وهذا النوع من التخلي و التسليم جيد بالنسبة للسيناريوهات التي يتوفر فيها واجهة فيزيائية واحدة بالنسبة للـ(MN) بحيث يتمكن من الاتصال بالشبكة الهدف للحصول على بعض المعلومات وحجز المصادر المطلوبة ويقوم بعد ذلك بتحديد الوقت الأمثل لإتمام الانتقال الذي يوفر جودة الخدمة المطلوبة للتدفق وبعد ذلك يقوم بقطع الاتصال بالشبكة الحالية .

وباعتبار أن الشبكة المقترحة مبنية باعتماد المعيارين (IEEE 802.11e & IEEE 802.16e) تم استخدام الـ(soft handover) ذلك لأن IEEE 802.16 يصل إلى مدى بعيد يمكن أن يصل إلى (5 km) ومدى المعيار IEEE 802.11 يصل إلى (100 m) لذلك يمكن اعتبار أن في حالة وجود تجاور واقتراب بين الشبكتين بالنسبة لـ (MN) فان مساحة كبيرة من الشبكة المبنية على أساس البروتوكول (IEEE 802.11) تكون واقعة ضمن نطاق الشبكة (IEEE 802.16) أو متداخلة معها بنسبة كبيرة و بما أن كل من هذه الشبكات تطلب واجهة فيزيائية مختلفة فان (MN) ستتمكن بسهولة من الاتصال بالشبكة الهدف محافظة على اتصالها بالشبكة الحالية. القيام بعملية التخلي و التسليم يتطلب المرور بخمس مراحل أساسية:

- تشخيص الاحتياج إلى القيام بعملية التخلي و التسليم.
- جمع المعلومات من الشبكات المجاورة.
- اختيار الشبكة الهدف.
- القيام بالخطوات الأولى الأساسية لعملية التخلي و التسليم.
- إتمام عملية التخلي و التسليم.

3-4 قرار التخلي و التسليم Handover decision:

هناك عدد من العوامل التي تلعب دورا كبيرا في اتخاذ قرار التخلي و التسليم من أهمها

- نوعية و جودة الإشارة المستلمة من (MN).

- السرعة المتاحة.
- وفرة المصادر في الشبكة.
- طريقة التحكم بمعيار جودة الخدمة المطبقة في الشبكة.

تعتبر النسبة (signal to noise ratio SNR) أي نسبة الإشارة إلى الضجيج من أكثر المعايير المتبعة والمؤثرة على حساب (QoS) بالنسبة للخط الواصل و هنا لابد من تعريف مصطلح (point of attachment PoA) وهو عبارة عن اسم يدل على النقطة التي تتصل فيها (MN) بالشبكة الأوسع كمثال على ذلك (AP) في IEEE 802.11 و (BS) في IEEE 802.16 . (SNR) تقاس عند الـ(MN) المختلفة معتمدا على المسافة بين (PoA) وال (MN) وسرعة هذه العقدة والشروط الجوية القائمة.

السيناريو الأكثر انتشارا والذي يتطلب القيام بعملية التخلي و التسليم هو عندما تبتعد (MN) عن (PoA) باتجاه حافة الشبكة اللاسلكية عند ذلك تنخفض النسبة (SNR) وكلما زاد البعد عن (PoA) يزداد معدل الخطأ وتقل جودة الخدمة و عند بعد معين يصبح الخط غير مستخدم ويصبح من الأفضل لـ (MN) استقبال الإشارة من الشبكات المجاورة التي تملك نسبة أعلى من (SNR) .

ولإيجاد الشبكة الهدف المناسبة هناك مراقب خاص للـ(MN) في المعيار (IEEE 802.11) يقوم بمراقبة (SNR) الخاص بالخط الواصل وعندما تسقط النسبة تحت عتبة معينة تدعى (cell search threshold) فإن عملية التخلي و التسليم تصبح ضرورة وعند ذلك تبدأ (MN) بالبحث عن الشبكات المجاورة [24]. من العوامل التي تحفز عملية التخلي و التسليم والتي تجعلها تبدأ هي عدم وجود وفرة في مصادر الشبكة وهذا يمكن أن يحدث بسبب وجود ازدحام في الشبكة أو افتقار الشبكة لبعض معايير جودة الخدمة ويمكن أن يحدث ذلك بحيث تكون (MN) غير مصرح لها بالوصول إلى مستوى معين ذو أولوية معينة من جودة الخدمة في الشبكة . ولكي تقوم (MN) باتخاذ القرار الذكي حول البدء بعملية التخلي و التسليم أو لا فلا بد من توفر كم من المعلومات المطلوبة سواء من الشبكة الحالية أو من الشبكات المجاورة.

بعض معايير الشبكات اللاسلكية تقوم بعملية بث للمعلومات حول إمكانيات الشبكة إلى جميع (MN) الموجودة في المحيط ففي المعيار IEEE 802.11 هناك إشارة إرشاد تسمى (beacon) تحتوي معلومات حول الحمل في الشبكة ونوعية جودة الخدمة المتاحة [25]. وفي المعيار IEEE 802.16 هناك عملية بث للمعلومات في الشبكات المجاورة تحتوي معلومات حول الطبقة الفيزيائية وطريقة الجدولة المتبعة [26]. ويمكن أن يكون قرار القيام بعملية التخلي و التسليم معتمدا اعتمادا كليا على المستخدم على سبيل المثال

هناك بعض المستخدمين الذين يقبلون بوجود تأخير زمني معين أو مردود ضعيفة مقابل مبلغ مادي معين بينما بعض المستخدمين يفضلون السماح بالبحث عن الشبكات التي تحقق أفضل خدمة متاحة مهما كانت التكلفة المادية.

عملية التخلي والتسليم يمكن أن تبدأ أيضا من (PoA) لعدد من الأسباب يأتي في مقدمتها ما يسمى بتوزيع الحمولات (load balance) حيث أن مزود الخدمة يمكن أن يصمم عدد من الشبكات اللاسلكية المتداخلة وذلك لتغطية وخدمة منطقة جغرافية معينة وتكون الطريقة الفعالة لإدارة الشبكة هي ضمان أن (BS) تتشارك الحمولات بشكل متساوي وبهذه الحالة تكون الرزمة المتاحة مستخدمة بشكل فعال من دون وجود تزاحم ولتطبيق خوارزمية توزيع الأحمال يجب على كل (BS) مراقبة مدى استخدام المصادر في الشبكة ومشاركة المعلومات مع مدير موزع الأحمال في الشبكات الأخرى بحيث عندما يقرر المدير أن الحمل في منطقة معينة ازداد فان عملية التخلي و التسليم تبدأ و تنتقل (MN) إلى الشبكة الهدف بحسب اختيار مدير توزيع الأحمال.

4-4 جمع المعلومات من الشبكات المجاورة gathering information from neighboring networks:

لتتمكن (MN) من اختيار الشبكة الهدف بالطريقة الأفضل لا بد من القيام بعملية جمع معلومات كافية عن جميع الشبكات المجاورة الموجودة ففي (IEEE 802.11 e) تستطيع كل (STA) من جمع المعلومات من الشبكات المجاورة عن طريق فك ترميز إطارات (beacon) أو عن طريق إرسال إطار إلى مفعل جودة الخدمة في (AP) والذي يسمى (QAP) فيكون إطار الرد من (QAP) يحتوي على معلومات هامة يطلق عليها اسم (IEs information elements) والتي تحتوي على المعلومات التالية [25]

- ترددات الطبقة الفيزيائية المدعومة.
- حالة الجدولة في (QAP).
- التشفير المعتمد.
- عدد المحطات الموجودة في الشبكة.
- المؤشرات المتعلقة بتقنيات (DCF & EDCA) وهي مرتبطة بجودة الخدمة ويمكن أن تحدد أيضا (TXOP).

- تفعيل (QoS) في (AP) يسمح بالقيام بعملية تفعيل (QoS) في (STA) فيقدم معلومات معينة حول طول الطابور و طلبات (TXOP).

أما في المعيار (IEEE 802.16e) فان (BS) لا تقدم معلومات معينة حول الشبكة كما في المعيار الأول ومعلومات كافية من الشبكة يتم استيفائها يتم الحصول عليها عند دخول (MS) إلى الشبكة حيث يستقبل إطار خاص يدعى (downlink map) ليقوم بعملية التزامن مع (BS) هذا الإطار يسمح بقياس النسبة (CINR carrier to interface and noise ratio) وقابلية نشر المعلومات حول مستخدمي (BS) وبعد ذلك تقوم (MS) بإرسال طلب ترتيب أو تحديد لل (BS) لتحديد قناة خاصة وطلب معلومات معينة ويكون الجواب إطار ترتيب أو تحديد يحتوي على المستوى المتوقع للخدمة وهي عبارة عن أرقام من (0– 3):

- الرقم 0 لا توجد خدمة متوفرة تقدم إلى (MS).
- الرقم 1 بعض الخدمات متاحة من اجل تدفق أو أكثر معتمد لـ (MS).
- الرقم 2 من اجل كل التدفقات المعتمدة يمكن إجراء اتصال بطبقة (MAC) مع جودة خدمة محددة من (QOS PARAM SET).
- الرقم 3 لا يوجد توقع لمستوى الخدمة متاح.

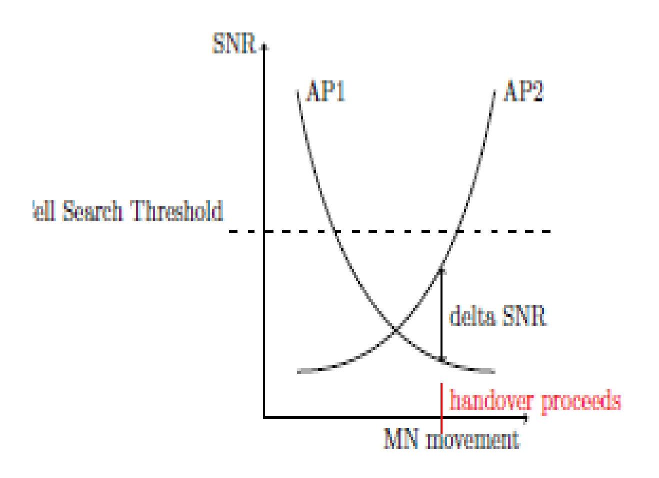
ويجب الذكر انه أكثر من توقع يمكن أن يرسل إلى (MS) وذلك لإخبارها بمجال الخدمات المتاح من (BS). [26]

5-4 اختيار الشبكة الهدف Selecting the target network:

مع اتخاذ القرار بإجراء عملية التخلي و التسليم فانه يجب على (MN) أن تختار الشبكة الهدف مع الأخذ بعين الاعتبار وجود أكثر من شبكة مجاورة لل (MN) كل شبكة تتمتع بأحمال مختلفة وتقنيات متعددة متعلقة بجودة الخدمة وتنتمي إلى مزودات مختلفة لخدمة الإنترنت فبذلك يكون من الصعب اختيار أفضل شبكة هدف لخدمة عدد من التدفقات.

إذا كان المعيار لاختيار الشبكة الهدف هو النسبة (SNR) وكانت الشبكات المجاورة كلها شبكات متجانسة فيكون من السهل اختيار الشبكة الهدف فعندما تنقص النسبة (SNR) فان أي رابط يحتوي على نسبة (SNR) أعلى من النسبة المتوفرة في الرابط الحالي و يخدم الـ (MN) يكون الرابط الذي يصل إلى الشبكة الهدف. في شبكات 802.11 عندما تنخفض النسبة (SNR) تحت عتبة البحث تبدأ (MN) بالبحث

عن الشبكات المجاورة وعندما تكتشف الشبكة الأفضل تقوم (MN) بمراقبة النسبة (SNR) فإذا كانت هذه النسبة في الشبكة المستقبلية أفضل من النسبة المتوفرة في الشبكة الحالية وذلك من حساب النسبة (ΔSNR) عند ذلك تنتقل (MN) إلى الخطوة التالية والشكل (4−1) يوضح العلاقة بين (SNR1) المتعلقة بالشبكة الحالية مع (SNR2) المتعلقة بالشبكة المستقبلية.



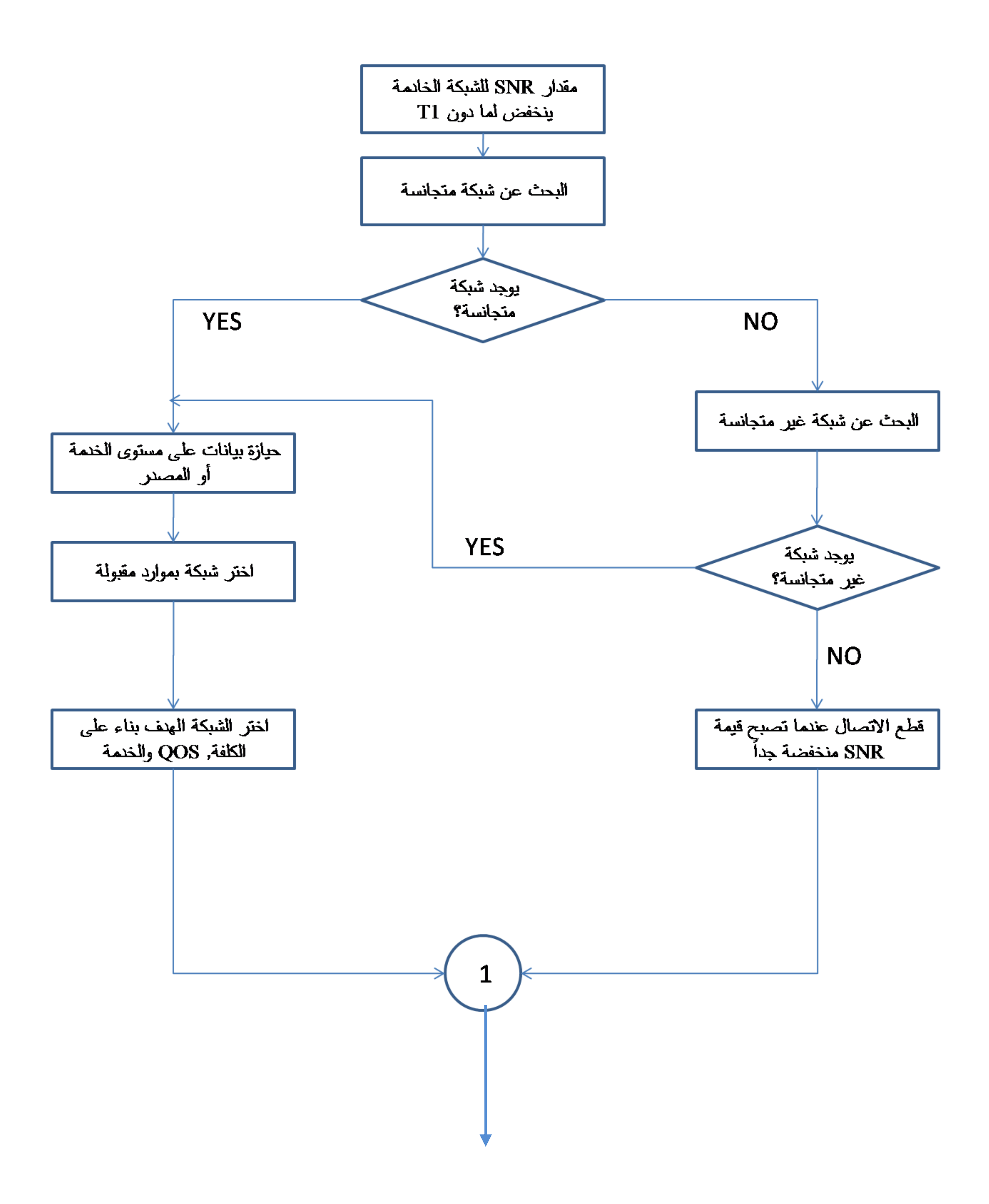
الشكل (4−1) العلاقة بين SNR1 و SNR2 المتعلقتان بالشبكة الحالية والشبكة المستقبلية على الترتيب [24]

أما بالنسبة للشبكات التي تعمل على طبقات فيزيائية مختلفة لا يمكن مقارنة (SNR) الخاصة بالشبكات المجاورة مباشرة مع (SNR) الخاص بالشبكة الحالية وذلك بسبب اختلاف الخصائص فلا بد من وجود معلومات أولية حول النسبة المقبولة من (SNR) لكل نوع من هذه الشبكات قبل اتخاذ القرار أو لكي يكون قرار التخلي و التسليم المتخذ هو قرار سليم.

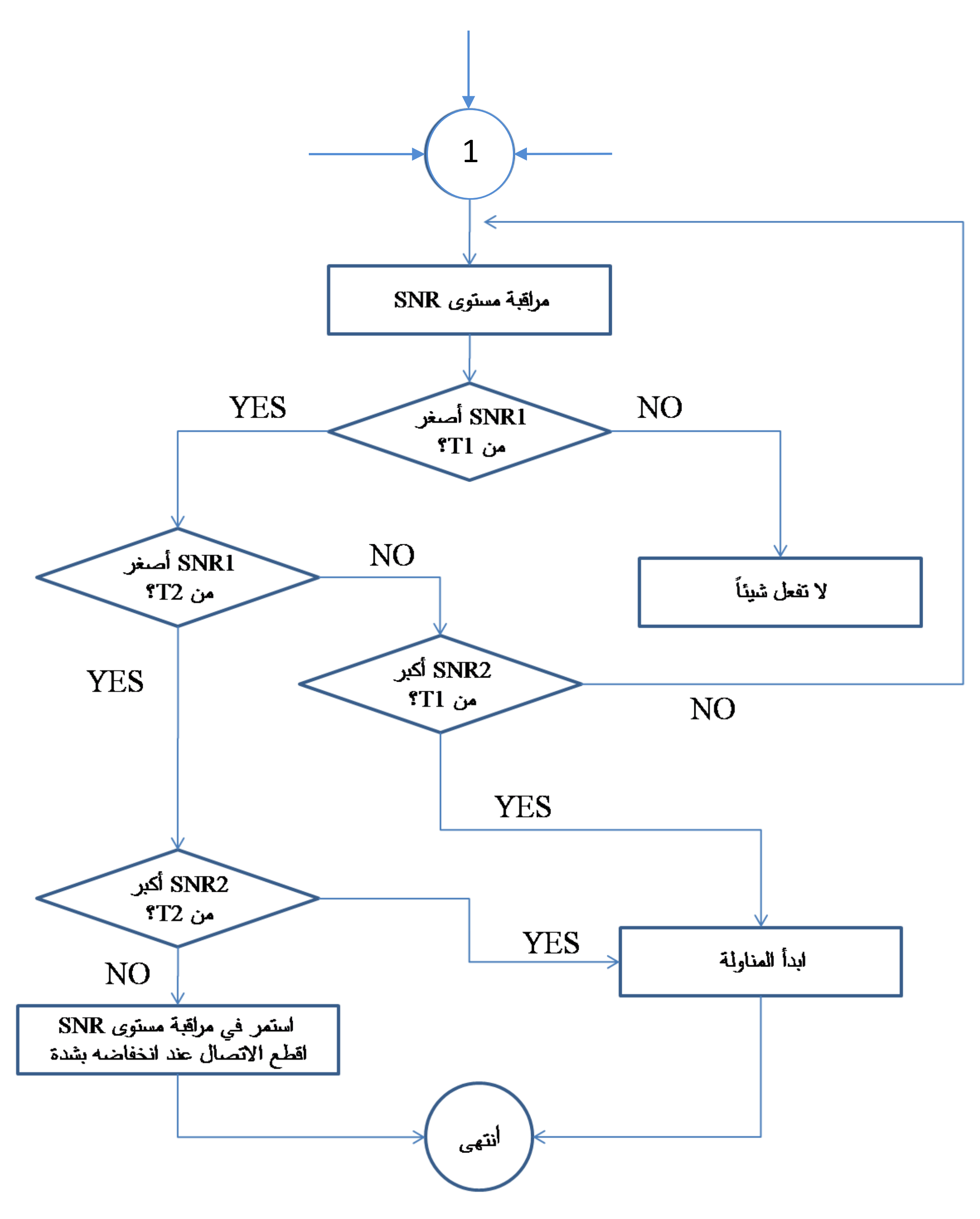
عند التعامل مع الشبكات الغير متجانسة وللتأكد من البدء بالقيام بعملية البحث لابد من وجود عتبات منفصلة أي (T1) من اجل كل من (IEEE 802.11e ,IEEE 802.16e) أي عندما تقل قيمة (SNR) في الشبكة الحالية عن العتبة (T1) تبدأ (MN) بالبحث عن الشبكات المجاورة أما (T2) فهي العتبة التي تحدد النقطة المنخفضة والتي يجب أن تبدأ عندها عملية التخلي و التسليم علما أن هذه العتبات تختلف باختلاف المعيار المستخدم.

الشكل التالي (4−1) يوضح خوارزمية متبعة عند القيام بعملية التخلي و التسليم حيث عندما تنخفض القيمة (SNR1) عن العتبة (T1) تبدأ (MN) بالبحث عن الشبكات المجاورة وإذا وجدت شبكات غير

متجانسة في المحيط فهي تبدأ بجمع المعلومات ويمكن استخدام مدير للتخلي والتسليم (handover manager) لإدارة جمع المعلومات واتخاذ القرار السليم بحسب رغبة المستخدم وبعد ذلك تقاس النسبة (SNR2) للشبكة الهدف وتقارن مع (SNR1) للشبكة الحالية. [27]



الشكل (2-4) خوارزمية التخلي و التسليم



الشكل (4-3) خوارزمية التخلي و التسليم (تتمة)

تكون النتيجة إحدى السيناريوهات التالية :

- قيمة (SNR1) اصغر من (T1) وقيمة (SNR2) اكبر من (T1) فتبدأ عملية التخلي و التسليم.
- قيمة (SNR1) اصغر من (T2) وقيمة (SNR2) اكبر من (T2) فتبدأ عملية التخلي و التسليم.
- قيمة (SNR1) اصغر من (T1) وقيمة (SNR2) اصغر من (T1) عند ذلك تستمر مراقبة القيمة SNR.
- قيمة (SNR1) اصغر من (T2) وقيمة (SNR2) اصغر من (T2) عند ذلك يقطع الاتصال عندما تصبح الإشارة غير متوفرة.

6-4 انجاز الخطوات الأولية في عملية التخلي و التسليم

Performing the first steps in handover

بعد اختيار الشبكة الهدف مهما كانت الطريقة المتبعة لاختيار الهدف سواء أكانت إشارات (Beacon) أو إعلانات الشبكات المجاورة عند ذلك تبدأ الخطوات العملية للتسليم ومن أهم إجراءات الدخول إلى الشبكة هي إعطاء التصريح (authorization) والذي يمكن أن يعطى بوقت مبكر والهدف من ذلك هو السماح لـ (MN) بالدخول إلى الشبكة بطريقة سريعة عندما تكون بحاجة الولوج إلى الشبكة وإعطاء التصريح يعتبر من أهم المراحل بالإضافة إلى ما يسمى (association في IEEE 802.11) و (registration في

IEEE 802.16e) .عندما تقوم (MN) بالحصول على التصريح اللازم من الشبكة الهدف فهي تتضمن تقديم معلومات تسمى (subscribers identification) إلى (BS) وذلك للتأكد من هوية المستخدم فيما إذا كان مصرح له الدخول إلى الشبكة أو لا كمثال على ذلك طريقة (shared key) المطبقة على الشبكات اللاسلكية سواء أكانت تستخدم (IEEE 802.11 or IEEE 802.16) من أجل السماح لـ (MN) بالولوج إلى الشبكة تمر بالخطوات التالية:

- إرسال طلب تسجيل دخول إلى (AP) أو(BS).
- يقوم كل من (AP) أو(BS) بإرسال نص مشفر باستخدام (shared key).
- يجب على (MN) فك تشفير النص وإعادة إرساله إلى (AP) أو (BS).
- إذا تم فك التشفير بطريقة سليمة يتم تسجيل الـ (MN) والسماح لها بالدخول. [28]

وفي بعض الحالات يتم استخدام مخدم (AAA) وذلك بدل من (PoA) تتوضع فيه المعلومات الأساسية فتزداد مرحلة وهي التأكد من المعلومات فيما إذا كانت موجودة في هذا المخدم أو لا.

إن الهدف الرئيسي من association في IEEE 802.11 و registration في IEEE 802.16e .هو التأكد من الاتصال بين (MN) و(PoA) وتجهيز الموارد الموجودة في الشبكة وذلك لإدارة ومعرفة بيانات الاتصال و بعد أن تقرر الـ(MN) الاتصال بشبكة فرعية مبنية على المعيار (IEEE 802.11) فإنها تقوم بالخطوات التالية:

- تقوم بإرسال طلب (association) إلى (QAP) ويحتوي هذا الطلب على احتياجات الـ (MN).
- تستقبل (QAP) الطلب و تتعرف إلى الاحتياجات و تقرر فيما إذا تقبل أو ترفض الطلب.

في حالة قبول الطلب يتم إرسال (association response) إلى (MN) يحتوي على (ID) الخاص بالإضافة إلى المعلومات المتعلقة بجودة الخدمة المقدمة من (QAP) وقابلية تنفيذ متطلبات (MN) [28] [25]. أما إذا قررت (MN) الاتصال بشبكة فرعية مبنية على المعيار (IEEE 802.16) فإنها تقوم بالخطوات التالية:

- إرسال طلب (registration) إلى (BS) موضحا فيها بعض المواصفات المتعلقة (IP) ونسخة الـ(MAC) ومعلومات متعلقة بقابلية التخلي و التسليم.
- تستلم (BS) الطلب وفي حالة الموافقة عليه تقوم (BS) بإرسال قائمة هي قابلية وتوافر المصادر ومقاييس جودة الخدمة المتبعة في الشبكة.
- تقوم (MN) باستقبال المعلومات القادمة من (BS) وبعد ذلك يسند لها (ID) خاص يسند إليها من الشبكة [26] . بعد هذه المرحلة لا بد لكل (MN) من الحصول على (IP) الخاص لذلك لا بد من استعمال (DHCP) ويتم ذلك وفق المراحل التالية :
  - تقوم كل (MN) بإرسال الطلب إلى (PoA) للحصول على (IP).
  - يصل الطلب إلى مخدم (DHCP) والذي يتحكم بعدد كبير من (IPs) فيما يسمى (pool).
  - يقوم المخدم بإرسال معلومات متعلقة ب (default gateway , subnet) [29].

أما الخطوة الأخيرة فتتلخص بتفعيل جودة الخدمة للـ (MN) والقيام بحجز المصادر في الشبكة لبعض التدفقات هذه الخطوة يجب القيام بها إذا توقعت الـ(MN) استقبال مستوى معين من جودة الخدمة في الشبكة وفي حالة عدم تخصيص مصادر في الشبكة لكل تدفق يتم خدمة التدفقات بأولوية منخفضة عدا بعض أنواع التدفقات المعرفة في الشبكة.

ففي الشبكات التي تعمل على أساس المعيار (IEEE 802.16e) يتم إرسال طلب (DSA) والذي يتضمن معايير جودة الخدمة المطلوبة من (MN) لخدمة تدفق معين مثل التأخير الزمني. معدل البيانات , الذبذبة يتم استقبال الطلب من (BS) يتم فحص البيانات واتخاذ القرار أما السماح للشبكة بخدمة هذا التدفق أو لا وفي حالة تم رفض الطلب فان الـ(BS) يمكن أن تملك مقاييس معينة تحدد سبب رفض الطلب بحيث يمكن للـ(MN) تغيير بعض المتطلبات وإعادة إرسال الطلب مرة أخرى .

أما في الشبكات المبنية على أساس المعيار (IEEE 802.11e) يتم استخدام رسالة (ADDTS) هذه الرسالة تتضمن مقاييس جودة الخدمة أو ما يطلق عليه اسم (TSPEC) من (MN) وبعد فحص الطلب في (BS) يقوم بإرسال إطار جواب (ADDTS) يحتوي على الجواب المقدم وفي حالة رفض الطلب يقوم باقتراح التغييرات المطلوبة للسماح للـ(MN) بالقيام بخدمة التدفق المطلوب وهذه الرسالة تتغير باستمرار حتى يتم الموافقة على الطلب بحسب توفر المصادر في الشبكة.

الفصــل الخامس

الجدولة Scheduling

1-5 مقدمة:

بالنسبة للشبكات اللاسلكية، يمكن التحكم في مستوى جودة الخدمة من خلال وجود آلية إشراف على مصادقة طلبات نقل البيانات من خلال الشبكة وذلك من أجل ضمان أن الشبكة تملك من الموارد ما يتيح لها الاستجابة لكافة حركات التدفق المصادق عليها من قبل الشبكة اللاسلكية.

وعادة ما يتم المصادقة على أي دفق بيانات إذا كان الحد الوسطي لمتطلبات النقل متوفراً في الشبكة، على أن التفاوت في الطلب على النقل في الشبكات، خصوصاً تلك التي تتعامل مع مصادر متعددة وغير متجانسة للرزم، قد يسبب اختناقات مؤقتة. يناقش هذا الفصل كيفية جعل الشبكة اللاسلكية قادرة على العمل بالشكل الأمثل مع وجود أحمال نقل متغيرة مع الوقت وذلك تبعاً لمستوى جودة الخدمة المطلوب باستخدام الجدولة وتوزيع الأدوار.

يشار للجدولة على أنها وسيلة لتحديد الترتيب الذي ستنفذ وفقه مجموعة من المهام، وهذه المهام تتنوع بشكل كبير وفقاً لما نريده أن نجدوله، وعلى سبيل المثال فقد يتم تنظيم حركة النقل الجوي عبر جدولة مواعيد الإقلاع والهبوط للطائرات، بينما قد يقوم المهندس بجدولة تواريخ الانتهاء من إنجاز مراحل مشروع ما. في هذا الفصل سنعتمد مصطلح مهمة task للإشارة إلى معالجة ما تمت جدولتها بواسطة أحد تقنيات الجدولة.

في الشبكات التي تعتمد أسلوب الرزم packets في ترحيل البيانات، ينظر للجدولة على أنها وسيلة لتحديد الوقت والترتيب الذي سيسمح وفقه للرزم أن تتشارك وسط الاتصال. عند الكلام عن الأداء في دفق البيانات، فإن أفضل أداء على الإطلاق لكل دفق بيانات أن ترسل رزمه عبر الوسيط بمجرد أن تصبح على استعداد للنقل. إلا أن هذا عادة غير ممكن، حتى عندما لا تعاني الشبكة من اختناقات، سيكون هناك على الدوام أكثر من دفق جاهزاً لإرسال الرزم في نفس الوقت. في حال عدم وجود أي منهجية تحكم بالنفاذ إلى الوسيط، فإن مراكز التوجيه سترسل الرزم في وقت واحد مما يسبب أخطاء في الرزم وتداخلها مع بعضها. ففي بيئة مشتركة لنقل البيانات، يجب على جميع عقد الشبكة أن تتبع بروتوكول محدد للسماح بالاستفادة من وسيط الاتصال بكفاءة وعدل. طرائق الجدولة كثيرة وقد تختلف في أهدافها، إلا أنها تهدف أجمالاً إلى إيجاد وسيلة للسماح لكل دفق فوري بتلبية المستوى المطلوب من جودة الخدمة، في وقت تسمح فيه بالمشاركة العادلة لموارد الشبكة وذلك بناء على ما يتطلبه هذا الدفق.

5-2 طرق الجدولة:

فيما يلي سيتم عرض بعض أساليب الجدولة المصممة لتلبية أهداف معينة.

5-2-1 العدل في الجدولة:

يعتبر الإنصاف من أهم أهداف عمليات الجدولة. فلو كان هناك ترحيل لعدة تدفقات باستخدام نفس وسيط الاتصال، فيجب أن يعامل كل دفق على قدم المساواة مع ما يماثلها من التدفقات. سابقا لم تتطلب معظم الفعاليات على الشبكة أي معايير صارمة لجودة الخدمة QoS من أجل مستوى QoE مقبول، جل المتطلبات كانت توزيعاً عادلاً لعرض الحزمة.

في كثير من الحالات التي تتطلب مشاركة وسط الاتصال يتم استخدام طرق بسيطة للجدولة مثل Round Robin [30][31] أو Fair Queueing [32] من أجل تخصيص منصف لعرض الحزمة لجميع التدفقات. تعمل التقنية الأولى على تخصيص قطاعات متساوية من عرض الرزمة لكل تدفق مشترك بوسيط الاتصال وذلك على الترتيب حتى يتم تلبية احتياج التدفق ذو معدل النقل الأخفض، ومن ثم يتم اقتطاع ما تبقى من الرزمة لبقية الاتصالات بنفس الطريقة. في حين تعمل الثانية في الشبكات التي نتوقع فيها أحجاماً متباينة للرزم في كل تدفق، كما في الموجهات switches والموزعات multiplexers. حيث تعمل الخوارزمية على حساب زمن الانتهاء من كل رزمة تستعد للإرسال أولاً في كل تدفق، وتقوم بجدولة الرزمة التي تملك أصغر زمن انتهاء أولاً.

تهدف كلا التقنيتين سابقتي الذكر إلى إجراء النقل لكل رتل من الرزم بمعدل وسطي من السعة الكلية لوسيط الاتصال مقسومة على عدد الأرتال. وهي تؤمن نوع من الإنصاف في توزيع عرض الرزمة معروف بأسلوب (أعظمي–أصغري) [30] الذي يعتمد على تحقيق الأداء الأعظمي للنقل مع أصغر حمل ممكن على النظام. أحدى التعديلات على هذين النظامين هو النظام المعتمد على الأهمية أو الوزن وتدعى التقنيتين عندها Weighted Round Robin [33] وأيضاً Weighted Fair Queueing [32]، وفي هذا التعديل يتم منح قطاعات من عرض الرزمة المتاح مختلفة عن بعضها لكل دفق. ويقدم هذا التعديل جدولة منصفة متغيرة يخصص فيها لكل تدفق جزء من عرض الرزمة بشكل متناسب طرداً مع معدل النقل الذي يقدمه المصدر.

في السنوات الأخيرة شاع استخدام التقنيات المعتمدة على التداول الفوري للبيانات مما يتطلب توسيع مفهوم الإنصاف في توزيع الأدوار ليشمل كافة جوانب جودة الخدمة QoS، مما يعني الأخذ بعين الاعتبار التأخير، فقدان البيانات والتذبذب.

5-2-2 الجدولة الفورية حسب قيود QoS

في العديد من المجدولات يتم فرض مهلة زمنية قصوى محددة عند تنفيذ المهام في الشبكة ، ويشار لهذا النوع من الجدولة بالجدولة الفورية على اعتبار أن المهام التي تتعامل معها تنفذ "آنياً" وفيها يعتبر وقت التنفيذ عاملاً أساسياً في الإكمال الصحيح للمهمة. وكل مهمة فورية تخضع لمهلة قصوى على مستوى ما من الشدة، فهناك المهلة الخفيفة soft deadline والمهلة الصعبة hard deadline والمهلة الصارمة firm deadline في الأولى وعلى الرغم من وجوب تنفيذ المهمة قبل المهلة المحددة، إلا أنه لا يشكل عدم استيفاء المهلة مشكلة كبيرة، بينما في الثانية يجب تنفيذ المهمة قبل المهلة المحددة، وإلا فيمكن لتجاوز المهلة أن يفضي إلى نتائج سيئة جداً، وتصنف بناء على ذلك نتائج تنفيذ المهمة إلى جيد وضعيف وفشل كامل. والمهام ذات المهلة الصارمة يجب تنفيذها قبل المهلة المحددة وإلا فلا يجب تنفيذها أبداً، فلا تعود المهمة بفائدة ما بعد انتهاء المهلة المحددة لها في هذه الحالة [34].

وتظهر أنظمة الجدولة الفورية في العديد من التطبيقات من أهمها معالجات الجدولة المختصة ، أنظمة التحكم، الأنظمة التفاعلية مثل بروتوكول VoIP وأنظمة الأمان. وتعمل المجدولات الفورية عادة عبر إعطاء الأولوية للمهام ودفق البيانات وفقاً لبارامترات مثل المدة والمهلة القصوى المفروضة. وفيما يلي أمثلة عن المجدولات الفورية.

- الجدولة أحادية الاتجاه Rate Monotonic Scheduler:

يمنح الأولوية لتدفق البيانات بحسب مجال التوليد الذي يملكه مصدر هذا التدفق ويتم منح الأولوية لأقل التدفقات مدة زمنية، وهو مجدول استاتيكي يقوم بتحديد الأولويات قبل أن تبدأ الجدولة الفعلية يتمخض عنه اضطرابات مثل ظاهرة حرمان التدفق Starvation of Flows [35] .

- الجدولة المعتمدة على الزمن الحدي Earliest Deadline First

هو مجدول ديناميكي يعتمد في حسابه للأولويات لكل رزمة أو مهمة على مدة الزمن الحدي المخصص لكل منها، وكما يشير الاسم فإن الأولوية القصوى تعطى لمن زمنه الحدي هو الأقصر بين المهام، إحدى

سيئات هذا المنهج هو أن مدة تنفيذ المهام لا تؤخذ بعين الاعتبار بل فقط الزمن الحدي المفروض لكل مهمة [35].

- الجدولة المعتمدة على أقل مدة خمولslack، ويسمى Least Laxity First Scheduling

أي الجدولة المعتمدة على أقل زمن خمول حيث تم تلافي المشكلة السابقة عبر تنفيذ الجدولة بناء على زمن الخمول في كل مهمة. وزمن الخمول هو حاصل طرح ما تبقى من زمن التنفيذ من المهلة القصوى المفروضة على تنفيذ هذه المهمة. على أن ما يعيب هذه الطريقة أن زمن التنفيذ لا يكون معروفاً دائماً قبل التنفيذ الفعلي للمهمة مما يعني أنه يجب تقديره، سوء التقدير قد يؤدي إلى جدولة ضعيفة [35]. يمكن أن نتوقع أداء جيد من الطرقتين السابقتين عند فرض حمل منخفض على الشبكة، ومن الممكن عندها وعلى وجه اليقين جدولة كافة المهمات قبل المهلة القصوى المفروضة عليها.أما عند فرض أحمال كبيرة على النظام فعندها قد يصعب توقع النتائج.

3-5 علاقة الجدولة الفورية بجودة الخدمة QoS:

تتطلب الأنماط المختلفة من دفق البيانات مستويات مختلفة من جودة الخدمة، فضلاً عن أن بعض التدفقات تحتاج لمستويات منتقاة بعناية من الجودة، تتعلق بالتذبذب والتأخير وفقدان رزم البيانات. في طبقة MAC يمكن التحكم بشكل مباشر بكافة معايير QoS هذه. حيث تشرف طبقة MAC على النفاذ إلى الاتصال المحلي للشبكة وعليه فهي قادرة على التأثير على الزمن الكلي للاتصال بين طرفين بالشبكة والمتعلق بكل حركة للبيانات مرسلة أو مستقبلة في كل دفق. وفيما يلي سنشرح التأثير المباشر للجدولة على هذه المعايير في الشبكات المحلية وذلك وفقاً لطرق الجدولة المستخدمة.

5-3-1 التأخير الزمني Delay Time:

وهو الفرق الزمني خلال انتقال الرزمة من المصدر إلى الوجهة. ويجب أن نأخذ بعين الاعتبار في الجدولة الحاصلة في طبقة MAC الزمن المستغرق منذ وصول الرزمة إلى الرتل وحتى السماح لها بالنفاذ والترحيل عبر وسيط الاتصال أو استقبالها في وجهتها النهائية في طبقة MAC. وقد تكون الوجهة النهائية BS،AP أو عقدة أخرى.

وعلى اعتبار أن الجدولة تتضمن تحديد الترتيب الذي يجري عبره منح التدفقات النفاذ إلى وسيط الاتصال، فإن كل أجراء متخذ ضمن فعاليات الجدولة سيساهم بشكل مباشر في التأخير المفروض على الرزمة. إذا

كانت عدة عقد stations أو تدفقات مستعدة لإرسال إحدى الرزم فإن اختيار إحدى هذه الرزم لإرسالها عبر الوسيط سيؤخر إرسال الرزم الأخرى المنتظرة. سيكون علينا أن نختار طريقة لترحيل الرزم تعمل على التحكم بالتأخير الحاصل في إرسال كل رزمة بشكل يلبي متطلبات QoS.

يمكن لخوارزميات الجدولة البسيطة مثل EDF Earliest Deadline First [34] أن تؤدي عملاً جيداً في الحفاظ على التأخير في حده الأدنى، وذلك ببساطة عير اختيار ترتيب معتمد على المهل المتزايدة المفروضة على إرسال الرزم. إلا أن الاعتماد على المهل المفروضة لوحدها قد يسبب مشكلة، فعلى فرض أن رزمتين مختلفتي الحجم قد أرسلتا من تدفقين مختلفين بنفس السرعة، فإن الرزمة الأصغر ستستغرق زمن أقل للترحيل من الرزمة الأكبر. ونتيجة لذلك فقد تبرز حالات تمنع فيها الرزم من الترحيل قبل انقضاء المهلة المحددة.

2-3-5 الذبذبة Jitter:

ويشير هذا المصطلح إلى التغير في زمن التأخير الحاصل في ترحيل تيار من الرزم المتعاقبة. وتعتمد قيمة هذا البارامتر على مدى انتظام الدفق الذي اختير للنفاذ إلى الوسيط، وذلك مع اعتبار الزمن المستغرق للرزمة للوصول إلى الرتل.

كما ويعتمد التذبذب على الزمن المستغرق للترحيل الكامل للرزمة وبالتالي فهو يعتمد أيضاً على حجم الرزم المرسلة. وقد يؤثر أيضاً الزمن المستغرق لقطع الدفق السابق عن الوسيط، والتأخير الحاصل في الرزمة التي يرسلها هذا الدفق. في حال استطاع الدفق أن يحصل على نفاذ منتظم ومتوافق إلى الوسيط مع نفس التأخير الحاصل في كل مرة تصل الرزمة إلى رتل الوسيط، سيقتصر سبب التذبذب الحاصل على التغيرات الحاصلة في الزمن المستغرق لترحيل الرزم. ومن غير المرجح الاعتماد على هذا الأمر ما لم يكن الحمل على الشبكة منخفض جداً، حيث يكون وسيط الاتصال هامداً أغلب الوقت.

لحساب مدى التذبذب الحاصل، نستخدم الطريقة المشروحة في IETF RFC 3550 والذي يتحدث عن البروتوكول RTP real time protocol. وتراقب هذه الطريقة مستوى التذبذب الحاصل في استخدامات عديدة تتضمن الصوت والفيديو وتستخدم بروتوكول RTP. وتجرى هذه الطريقة كما يلي، من أجل كل رزمة i في دفق ما نعتبر S_i هو زمن الوصول في المصدر، و R_i هو زمن الوصول في الوجهة. ويحسب التأخير للرزمة i على أنه $d_i=R_i-S_i$ والفرق في التأخير بين رزمتين i و j:

$$D(i,j) = (Rj - Sj) - (Ri - Si) \quad (1\text{-}5)$$

ويحدد الذبذبة في الرزمة i كما يلي:

$$J(i) = J(i-1) + \frac{1}{16}(|D(i-1,i)| - J(i-1)) \qquad [36]\ (2\text{-}5)$$

5-3-3 فقدان الرزم packet loss:

يحدث الفقدان في البيانات عند عدم وصول الرزمة التي دخلت الرتل إلى وجهتها. وقد يتم إلغاء رزمة ما بعد أن تنتظر في الرتل لبعض الوقت و لم تكن هناك إمكانية للترحيل الناجح. وقد يعود هذا إلى لوجود تشويش لاسلكي يسبب أخطاء في الرزمة الواردة إلى وجهة ما، أو عندما تكون الشبكة في وضع المزاحمة فقد يتم فقدان الرزم نتيجة حدوث تصادمات عدة لأن العقدة تحاول ترحيل البيانات عبر شبكة تعاني من الاختناق. في كل من هذه الحالات، توجد حدود على محاولات إرسال نفس الرزمة. وإذا تم تجاوز هذه الحدود، فيتم إلغاء الرزمة. وكما ويمكن إلغاء الرزمة عندما تنتظر في الرتل لوقت طويل جداً، وانتهى العمر الافتراضي لها. ويتم إلغاء الرزمة في الشبكات المعتمدة على بروتوكول IEEE 802.11 بعد مضي مدة معينة بدون إكمال الترحيل نهائياً، ويصطلح على تسمية هذه المدة dot11 MSDU Life time والتي تكون في العادة 512ms [28] .

5-4 أهداف عملية الجدولة:

يجب من أجل تأمين نظام جدولة جيد أن تتم خدمة كل تدفقات البيانات وفقاً لمستوى QoS المطلوب في كل دفق، فيجب أن تعامل كافة التدفقات ذات المتطلبات الواحدة بنفس الأسلوب. في الشبكات اللاسلكية لا بد من توظيف عرض الحزمة بذكاء وكفاءة علما أن الشبكة اللاسلكية تملك سرعة عالية في تغيير إعداداتها. تدخل الأجهزة إلى الشبكة وتخرج باستمرار وبسرعة، ولكل منها دفق مختلف ومتطلبات QoS. وعليه فإن المجدول اللاسلكي يجب أن يكون من القوة بحيث يتأقلم للطبيعة المتغيرة بشكل كبير للشبكة مع ضمان كفاءة استخدام وسيط الاتصال بما يحقق متطلبات QoS لكل دفق فلا بد من معرفة مستوى QoS الواجب الوصول إليه في الشبكة اللاسلكية.

5-4-1 مستوى QoS للتدفقات الفورية:

لضمان إجراء جدولة فعالة لتدفقات البيانات في الشبكة وتلبية احتياجات QoS. يجب أولاً أن نجرد هذه المتطلبات لكل تدفق في الشبكة. ولأن التركيز يتم على التدفقات الفورية، فيجب القول أن هذه المتطلبات

تكون صارمة في هذه الحالة. المعايير المؤثرة في مستوى QoS للتدفقات الفورية هي التأخير delay االذبذبة Jitter وفقدان الرزم packet loss. تظهر وثيقة [37] Calyam et al هذه المعايير بالنسبة للاجتماعات عبر الفيديو، وبحسب هذه الوثيقة فإن المعايير السابقة يجب أن تكون في الحدود التالية المبينة في الجدول (5−1).

جدول (5−1): مجالات التأخير والذبذبة وفقدان الرزم لتدفقات رزم اتصال جماعي فيديوي

	جيد	مقبول	ضعيف
التأخير (ms)	0-150	150-300	>300
التذبذب (ms)	0-20	20-50	>50
الرزم (%)	0-0.5	0.5-1.5	>1.5

تعتمد معظم الدراسات الحدود الموضوعة من قبل Cisco [38] كحدود عليا لمستويات QoS فالعاملون في Cisco ينصحون بأن تحافظ حدود التأخير على مستوى أقل من 150ms، والتذبذب أقل من 30ms وفقدان البيانات أقل من 1%.

بالإضافة إلى ذلك فإن المعايير التي تحكم التواصل بين طرفين في الشبكة تتضمن أيضاً التأخير الحاصل في البنية المركزية للشبكة backbone، والتأخير الحاصل عند ضغط البيانات وإنتاج الرزم، بالإضافة إلى فترات تأخير أخرى، وبناء على ذلك فالقيم السابقة يجب أن تخفض أكثر في الشبكات المحلية. والغرض الأساسي من هذا الفصل هو معرفة أي من تقنيات الجدولة قادرة على تأمين أفضل خدمة ممكنة. فإذا كان بالإمكان حصر مستوى QoS إلى ما دون هذه الحدود فيمكن الحصول على مستوى QoE جيد لتطبيق شبكي معتمد على الدفق الفوري في معظم الحالات. وينحدر هذا المستوى مع تجاوز هذه الحدود.

5−4−2 العدل Fairness

يتعلق مفهوم العدل في الشبكات عادة بكم العمل المبذول باعتباره مقياساً مهماً وعاملاً مشتركاً بين جميع أنماط التراسل. فعند دخول دفق جديد على الشبكة، عادة ما يعتبر من العدل أن يتلقى نفس الجهد الذي تحظى به كافة التدفقات المماثلة. إلا أنه من الممكن أن تتم جدولة تدفقين متماثلين في كمية العمل الممنوح لهما بحيث يعاني أحدهما تأخيراً وتقطعاً عالياً على عكس الآخر. فعندما نتكلم عن العدل في التدفقات

الفورية مع الأخذ بعين الاعتبار معايير QoS، يجب التأكد مما لو كانت التدفقات المتماثلة تنفذ بمستويات QoS وفقاً لمتطلبات QoS لها. وهذا الجانب من العدل غير مطروح في الأبحاث التي تناقش الجدولة و المضمنة في هذه الأطروحة.

في سبيل مقارنة أداء آليات الجدولة نحتاج إلى مقياس للعدل. وأحدى الطرق الشائعة لهذا هي مؤشر جاين لحساب عدالة المجدول Jain's Fairness Index تقدم هذه الطريقة مجموعة قيم لتقييم عدالة الجدولة وذلك اعتماداً على مدى انتشار هذا العدل في الشبكة. وينحصر مستوى العدل في هذه الطريقة بين الصفر والواحد، بحيث يأخذ نظام الجدولة المنصف القيمة واحد والمجدول غير المنصف الذي يفضل مجموعة صغيرة من المستخدمين على الآخرين القيمة صفر.

لنفرض وجود نظام يمنح موارد الشبكة لعدد n من المستخدمين المتنافسين بحيث يحصل المستخدم i على الحصة xi فعندها تكون قيمة المؤشر:

$$f(x) = \frac{(\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}{n \sum_{i=1}^{n} x_i^2} \quad \text{مؤشر جاين لحساب عدالة المجدول} \qquad (3\text{-}5)$$

وفي حال أردنا تطبيق هذا المقياس على معايير كنسبة الرزم التي تعرضت للتأخير أو الذبذبة أو خسارة الرزم فيجب أن نأخذ بعين الاعتبار القيم المطلوبة لتحقيق مستوى جيد من الخدمة. فمن أجل مستوى QoE جيد لمهمة ما، فيجب على كل مقياس من مقاييس QoS أن يبقى تحت عتبة معينة. وانطلاقاً من كافة الدراسات المذكورة آنفاً، نعرف يقيناً أنه إذا تم إبقاء هذه المقاييس في التطبيقات التي تتضمن دفق فوري تحت المستويات المطلوبة فسوف نحصل على مستوى QoE جيد لهذه التطبيقات. وتنحدر مستويات QoE مع زيادة قيم هذه المعايير فوق العتبات المفروضة.

إن أي قيمة تحت قيم العتبات المفروضة ستلبي احتياجات QoS لدفق البيانات وذلك إذا وضعنا عتبات QoS في عين الاعتبار لمهمة ما. ولأن هذه القيم مقبولة ما دامت تحت العتبات المفروضة، فإننا نساوي هذه القيم للواحد. أما عن القيم التي تتجاوز العتبات المفروضة فيجب علينا أن نحدد إلى أي مدى يصل هكذا تجاوز. ويتم حساب الإنصاف بناء على ذلك كما يلي. من أجل عتبة ما Ti نحسب القيمة x_i':

$$x_i' = \begin{cases} 1 & if\ x_i \le T_i \\ x_i/T_i & if\ x_i > T_i \end{cases} \qquad (4\text{-}5)$$

من المعادلة السابقة نلاحظ أنه من أجل قيم معايير QoS الواقعة تحت العتبات المفروضة فإن x_i' تساوي إلى الواحد. في حين أن القيم التي تتجاوز العتبات المفروضة تفرض تزايداً على x_i' يتراوح بين 1 و ∞. وعند استعمال قيمة هذه لحساب مؤشر جاين لحساب عدالة المجدول، فإن هذا يجعل قيمة المؤشر مساوية إلى الواحد في حال كانت احتياجات QoS محققة لجميع التدفقات. وبذلك نحصل على مستوى QoE جيد وتكون الجدولة منصفة لكافة التدفقات بالنسبة لمعايير QoS.

ويتناقص مؤشر جاين مع تجاوز بعض التدفقات لقيم العتبات المفروضة مع بقاء البعض الآخر على قيم تحت العتبات المحددة لها، ويصبح نظام الجدولة أقل عدلاً.أما عندما تتجاوز كافة التدفقات القيم والمعايير المفروضة على QoS، فإن إنصاف النظام يعتمد على مدى هذا التجاوز.

فعندما نريد معرفة مستوى العدل في توزيع موارد الشبكة على تدفقات مختلفة في الثقل الذي تفرضه على الشبكة، فإننا نستخدم المعادلة التالية:

$$x_i' = \begin{cases} 1 & if\ x_i \le T_i \\ 1 + w_i \frac{(x_i + T_i)}{T_i} & if x_i > T_i \end{cases} \qquad (5\text{-}5)$$

حيث w_i هو الثقل الذي يحدد الأهمية النسبية للتدفق i. فيما بعد سنستخدم الطريقة المشروحة في هذه الفقرة كي نقدر مستوى العدل الذي تقدمه أنظمة الجدولة المختلفة [39].

5-5 نظام الجدولة المستخدم في الشبكات المعتمدة على بروتوكولات IEEE 802.11 وIEEE 802.16:

تم التطرق في هذا الفصل إلى كيفية توضيح تنفيذ الجدولة في شبكات IEEE 802.11/IEEE 802.16. أولاً من ناحية بنية بروتوكول MAC المتعلقة بمستويات QoS وأسلوب الجدولة، وثانيا من ناحية طرق الجدولة التي صممت من أجل هذه الشبكات.

5-5-1 بروتوكولات MAC العاملة على شبكات IEEE 802.11/IEEE 802.16:

توصف المعايير التي تعمل وفقها شبكات WLAN و WiMAX الآليات التي تسمح بعمل الشبكة وفق مبدأ المزاحمة، حيث يكون على كل عقدة في الشبكة واعتماداً على بروتوكول ما أن تتنافس على استخدام وسيط الاتصال، أو وفق مبدأ الانتخاب أو عدم المزاحمة حيث يكون هناك مجدول مركزي يخصص الوقت

لكل عقدة من أجل السماح لها بترحيل البيانات.ويقدم هذا الفصل شرحاً للآليات المستخدمة في هذه الشبكات.

- **بروتوكولات MAC العاملة على شبكات IEEE 802.11:**

يستخدم تابع التنسيق الموزع أو Distributed Coordination Function (DCF) في شبكات IEEE 802.11 اللاسلكية من أجل التحكم في المنافسة على وسيط الاتصال بين العقد [25]. وفي آلية التنافس هذه تقوم كل عقدة بالإنصات المتكرر إلى القناة اللاسلكية لتحديد فيما إذا كانت مشغولة في هذا الوقت. وفي حال كانت القناة هامدة لمدة معينة من الزمن تعرف ب DCF Inter-frame Space(DIFS) فعندها تكون للعقدة الحرية في ترحيل البيانات. وفي حال انشغال القناة سيكون على العقدة الانتظار لمدة من الزمن تحدد اعتباطياً عبر خوارزمية تراجع، والنوع المستخدم من هذه الخوارزميات في شبكات IEEE 802.11 هو ما يصطلح على تسميته truncated binary exponential back off algorithm. تعمل هذه الخوارزمية على اختيار زمن التراجع عشوائياً من ضمن مجال محدد يدعى Contention Window(CW). تعاود العقدة محاولة إرسال الرزمة عبر قناة الاتصال بعد انتظارها للمدة المختارة. ومع كل مرة تكون القناة مشغولة يتم مضاعفة مجال CW إلى أن يبلغ قيمة عظمى محددة. وعندما يسمح بإرسال الرزمة تعود قيمة CW لتنخفض إلى القيمة الدنيا. ويمكن القول أن هذا الأسلوب في العمل يعتبر منصفاً باعتبار أنها تعطي لكل العقد في الشبكة فرصاً متكافئة للنفاذ إلى الشبكة. لكنه في المقابل لا يهتم بأمور كعرض الرزمة ومتطلبات QoS المختلفة لكل تدفق مما قد يسبب عدم كفاءة عندما تكون هناك عدة تدفقات بمتطلبات مختلفة تتنافس على نفس الشريحة الزمنية.

في بروتوكول IEEE 802.11e العامل على الشبكات المعتمدة على أسلوب التنافس في النفاذ إلى القناة يضاف إلى الآلية السابقة تقنية الوصول المحسن الموزع للقناة Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) [40]. والتي تضفي تحسيناً على DCF عبر توصيف مستويات مختلفة للتدفقات المتنافسة. أساساً تعمل هذه الآلية كسابقتها، ففي كل مرة تكون القناة مشغولة، يجب على العقدة التي تنتظر فتح القناة أن تجري تراجعاً لمجال زمني ما محدد من قبل CW. إلا أن EDCA تقدم مجال CW مختلف لكل مستوى حددته وذلك اعتماداً على مدى الأولوية المطلوبة لكل مستوى، فكلما زادت الأولوية المطلوبة على تدفق ما كلما صغر مجال CW المعطى لهذا التدفق. وعندما يكون الوسيط هامداً، فيجب أن تنتظر العقد المتنافسة مدة إضافية محددة أخرى تعرف ب Arbitration Inter-Frame Space(AIFS). وتكون هذه الفترة أقل من

اجل درجات التدفقات التي تملك أولويات أعلى. وعلى الرغم من أنه في هذه الطريقة كل العقد تملك الفرصة للنفاذ إلى الوسيط إلا أن العقد التي تتمتع بأولوية أعلى تملك فرصاً أكبر للنفاذ. وقد أظهرت الدراسات أن EDCA تعطي تحسيناً أكبر من DCF عند استخدامها في الشبكات المعتمدة على مبدأ الأولوية[41].

تسمح الآلية المسماة Point Coordination Function (PCF) في شبكات IEEE 802.11 بتنظيم سير البيانات بواسطة منسق مركزي [28] Central Point Coordinator(PC). والذي يتحكم بوسيط الاتصال عبر استعمال للفترة Inter-Frame Space أقصر من الطريقة السابقة وتسمى PCF Inter-Frame Space (PIFS). والتي تسمح بدورها للمنسق المركزي بالتحكم بوسيط الاتصال عند الحاجة وبذلك يمكن استخدام فترة زمنية من غير مزاحمة على الوسيط وهي Contention-Free Period حيث يمكن للتدفقات المنتخبة أن تتلقى الخدمة في وسيط الاتصال. مما يجعل العقد التي تملك أولوية أعلى قادرة على ترحيل البيانات عبر الوسيط بشكل منتظم حتى مع كثافة عالية لسير البيانات في الوسيط. ويذكر أن PCF غير قادر على التمييز بين العقد غير الخاضعة للمنافسة والتي يمكن انتخابها CF Pollable Stations حيث يتم التعامل معها كلها على درجة واحدة من الأولوية، فضلا عن عدم قدرة PC على تحديد مقدار الزمن المعطى لكل عقدة كي ترحل أثنائه بياناتها، مما يزيد من احتمال انخفاض الكفاءة التي يعمل نظام الجدولة بها. الشكل القياسي لنظام PCF يمر على القائمة التي تحوي العقد CF-Pollable بأسلوب مشابه لنظام Round Robin، على الرغم من أن الكثيرين قد رغبوا بتعديل نظام PCF لتحسين أدائه على صعيد متطلبات QoS [42] .

يقدم التعديل IEEE 802.11e على شبكات IEEE 802.11 طريقة محسنة غير معتمدة على مبدأ المزاحمة وتسمى HCF Controlled Channel Access (HCCA). وتقوم هذه الطريقة بإدخال تحسينات على نظام PCF عبر السماح بتداول معلومات عن طبيعة التدفق بين العقدة STA وبين نقطة النفاذ إلى الشبكة AP، مما يسمح بإنشاء جداول بشكل متناغم أكثر مع متطلبات كل تدفق.

ويقدم التطوير IEEE 802.11e طريقة جدولة بسيطة مكونة من مجموعة صغرى من صفات سير البيانات الإلزامية mandatory Traffic Specification(TSPEC) وتتضمن هذه البارامترات Mean Data Rate (ρ)، Nominal Max Service Data Unit(MSDU) Size (L)، وأيضاً Maximum Service Interval أو حد التأخير Delay Bound. وتعطي هذه القيم أو البارامترات المبدئية نفاذاً للمجدول إلى مصدر التدفق للحصول على المعلومات التي يحتاجها لإجراء جدولة أكثر كفاءة. صمم هذا المجدول البسيط

كفكرة مبدئية للسماح للشركات وأصحاب الأعمال بفهم كيفية عمل نظام الجدولة ومن ثم إنشاء نسخهم الخاصة منه بما يناسب خصائص شبكاتهم. هذا المجدول البسيط بحد ذاته مناسب فقط لمعدلات الدفق الثابتة Constant Bit Rate (CBR). قيمة TXOP محسوبة بناء على المعدل الوسطي للدفق الذي لا يتغير بين مجالات SI. وتتم جدولة هذه القيم بأسلوب Round Robin، ابتداء بالدفق صاحب الأولوية الأعلى واعتماداً على ترتيب انضمام العقد للشبكة. وقد تنجح هذه الطريقة مع بعض التعديلات البسيطة مع الشبكات التي تفرض عليها أحمال خفيفة. بينما لا تقدم أداء مرضياً عند وجود عدة تدفقات ذات معدلات عالية متغيرة (VBR) مع وجود قيود صارمة عليها.

- **بروتوكولات MAC العاملة على شبكات IEEE 802.16**

في شبكات WiMAX تعمل كل BS على تحديد توقيت الاتصال الصاعد وذلك عبر تحديد توقيت ومدة منح عرض الرزمة لكل SS على حدى و وضعها في لائحة مخصصة، تدعى Uplink Map. ويتم أيضا توظيف مبدأ فترات التنافس بين العقد في شبكات WiMAX للسماح لهذه العقد بطلب النفاذ إلى عرض الرزمة عندما تملك بيانات ترسلها. ويتم توظيف نفس مبدأ المزاحمة المستخدم في طريقة DCF للمنافسة أي طريقة truncated binary exponential backoff إلا أن المدة الممنوحة تستعمل فقط لترحيل البيانات المتعلقة بطلب عرض الرزمة والمدى الأولي المطروح [26].

يسمح المعيار IEEE 802.16 بتبادل معلومات مفصلة بين SS و BS عن الدفق ومن ضمن التشكيلة الواسعة من معايير QoS المتاحة للتداول: أولوية سير البيانات Traffic Priority، الحد الأعظمي المستدام من معدل سير البيانات Maximum Sustained Traffic Rate، الضخ المفاجئ الأعظمي للبيانات Maximum Traffic Burst، معدل الدفق الأصغري المحجوز Minimum Reserved Rate، Service Flow Scheduling Type نمط الجدولة المتعلق بتنفيذ الدفق، الذبذبة المقبولة Tolerated Jitter، والتأخير الأعظمي Maximum Latency. كما ويعطي هذا المعيار خمسة أنواع من الجدولة الرفعية في الشبكات العاملة وفقه، والتي يعنى كل منها بنمط مختلف من سير البيانات. فنمط الدفق هو الذي يحدد نمط الجدولة المقابل والذي يلبي متطلبات QoS الخاصة بهذا الدفق. والطرق المقصودة هي:

- خدمة المنح غير الملتمس Unsolicited Grant Service(UGS):

تقدم هذه التقنية منح دوري لعرض الرزمة وفقاً لمجال يعتمد على متطلبات الدفق. وتقتصر هذه الأعطيات الدورية على حجم ثابت لعرض الرزمة، وتعتبر مناسبة لتطبيقات الدفق الفوري ذو معدل الدفق الثابت CBR مثل بروتوكول VoIP. وعندما يحل الصمت بدلاً من الصوت، فإن استخدام هذه الطريقة قد يؤدي لهدر في عرض الرزمة.

- الانتخاب الفوري Real-time Polling Service (rtPS):

مصممة للتدفقات التي تتميز بالدورية وتغير معدل الدفق كما في تطبيقات الفيديو. في هذه الآلية يتم انتخاب العقدة دورياً ومنحها عرض رزمة للسماح لها بالتعريف عن وضعها الحالي وما تحتاجه من عرض الرزمة. ويتم اختيار الدفق وفق مجال صغير، مما يسمح بخدمة مواكبة للحظة، لذا فليست هناك حاجة لإرسال طلب خلال فترة المزاحمة. ويسمح الانتخاب الدوري للعقدة بأخذ معلومات حاضرة عن الدفق من قبل BS مما يسمح بجدولة فعالة.

- النسخة الموسعة من الانتخاب الفوري Extended real-time Polling Service (ertPS):

تقدم النسخة الموسعة من ertPS في الشبكات المعتمدة على بروتوكول IEEE 802.16e آلية لتلافي المشكلة في الطريقة الأولى. حيث وعلى الرغم من أنها تقدم كسابقتها منح دوري غير ملتمس لعرض الرزمة لدفق ما، إلا أن حجم هذه الأعطية يمكن أن يتغير بناءً على متطلبات الدفق. ويمكن للدفق أن يغير حجم الأعطية المخصصة له إما عبر تحديد حجم جديد في حقل مخصص موجود في ترويسة الإطار frame header الصادرة من قبل طبقة MAC أو عن طريق طلب مستقل لعرض رزمة .

- خدمة الانتخاب الغير الفورية Non real-time Polling Service(nrtPS):

أما الآلية nrtPS تتصرف على نحو مشابه للآلية rtPS لكن بتكرار أقل لمنح عرض الرزمة. وبالتالي يتم انتخاب الدفق وفقاً لمجال أكبر، بما يضمن الخدمة حتى مع اختناق الشبكة، إلا أن هذه الآلية لم تصمم للتدفقات الحساسة للتأخير الكبير.

- أفضل خدمة ممكنة Best Effort:

تتخصص تقنية BE في التدفقات التي لا تتطلب مستوى معين من الخدمة. حيث يمكن للتدفق أن يستخدم جميع طرق الانتخاب مثل الانتخاب المباشر أو القائم على المزاحمة، على أن المجدول لا يقدم خدمة على أساس دوري بما يضمن على الأقل الحد الأدنى من جودة الخدمة.

تعمل جميع الطرق المذكورة أعلاه على السماح للمجدول بتخصيص عرض الرزمة لتدفقات بعينها. وبخلاف الأنظمة البسيطة في الجدولة، لا توجد آلية معتمدة على المعايير المصممة ليكون لها القدرة على إنشاء آلية جدولة تختص تدفقات بعينها. وهذا هو الهدف من مجدولنا. ولكي يعمل بشكل جيد، فيجب على هذا المجدول أن يستخدم خوارزمية تحدد جدولاً قادراً على إرضاء متطلبات حركة سير البيانات التي تنتظر النفاذ إلى وسيط الاتصال.

5-6 تحسين الكفاءة عبر مشاركة معلومات عن التدفقات الفورية:

من أجل جدولة ذات فعالية وكفاءة، يجب أن يتوفر للمجدول معلومات هامة تتعلق باحتياجات QoS وخصائص كل تدفق. وتتضمن معلومات ثابتة تتعلق بخصائص كل دفق ومعلومات متغيرة تتعلق بالوضع الحالي للرتل ومنح عرض الرزمة. ويمكن للمجدول الحصول على هذه المعلومات عبر قائمة من بارامترات QoS مرسلة من قبل كل تدفق إبان نفاذه إلى الشبكة، وهي متوافرة أيضاً في معلومات الدفق الفوري والمتاحة في كل آليات تحقيق متطلبات QoS الموجودة ابتداء من IEEE 802.11e وحتى IEEE 802.16e.

5-6-1 المكون TSPEC (Traffic Specification) في شبكات IEEE 802.11e:

عندما تريد عقدة ما في شبكة IEEE802.11e إطلاق سير للبيانات ترسل Add Traffic Stream (ADDTS) frame إلى نقطة QAP وترفقها بمكون Traffic Specification (TSPEC) وتضع الجميع في frame واحد. هذا المكون يحتوي على بارامترات عديدة عائدة في طبيعتها إلى خصائص ومتطلبات سير البيانات. بعد تفحص مكون TSPEC، تستطيع QAP قبول الدفق أو رفضه أو يمكن أن تطلب تعديل في TSPEC عبر إرسال استجابة على شكل ADDTS frame إلى STA.

يسمح مكون TSPEC بالمعرفة المسبقة لأنماط المعلومات المؤمنة والمتعلقة بالتدفق، إلا أن المهم هنا على صعيد الجدولة ومعايير QoS هو العناصر المتقابلة مع مقاييس QoS المذكورة، والمجال الذي يكون ضمنه المصدر البيانات.تحدد معايير مثل Minimum Service Interval (minSI) و Maximum Service Interval (maxSI) وبشكل مفصل الزمن الأدنى والأقصى الذي يجب أن يفصل بين فترات الخدمة Service Period من أجل سير البيانات Traffic Stream. من هذا المنطلق يمكننا تحديد المجال الأصغري الذي يولد المصدر ضمنه البيانات ويكون مساوياً للقيمة minSI، ليكون المجال الأصغر الذي يجب أن يتم فيه انتخاب تدفق ما هو المجال الذي تصل فيه البيانات إلى الرتل. يمكن افتراض أن حاصل الطرح maxSI-minSI يكون مساوياً للحد الأعظمي للتقطع، وبذلك نضبط عتبة التذبذب لتقف عند القيمة maxSI-minSI.

يمكننا أن نجد قيمة عتبة تأخير التدفق في حقل Delay Bound من مكون TSPEC. وفي هذه الحالة يقصد بالتأخير القيمة المحسوبة ابتداءً من زمن وصول الرزمة إلى طبقة MAC في المصدر حتى لحظة وصولها إلى الوجهة. ويمكن أن يتضمن هذا الحساب الإشعار acknowledgment أيضاً عند الضرورة. أما عن حدود الفقد في البيانات فلا يتم تحديدها مباشرة في هذا المعيار. يقوم الحقل Surplus Bandwidth Allowance بالإشارة إلى تخصيص الوقت الزائد لسير ما من البيانات Traffic Stream (TS). بما يتجاوز الحد الأعلى لمعدلات الزمن اللازمة لهذا التطبيق. ويأخذ هذا الحقل بعين الاعتبار الوقت الإضافي المطلوب من أجل إعادة الإرسال للتأكد من استقبال الرزم بشكل صحيح عند اختناق الشبكة.

2-6-5 مجموعة بارامترات QoS المحددة في شبكات IEEE 802.16e:

ترفق شبكات IEEE 802.16e تدفقات الخدمة بقائمة كبيرة من البارامترات، و معايير QoS هي مجموعة جزئية من هذه البارامترات. يمكننا إيجاد مجال توليد الرزم من المصدر عبر النظر إلى خانة Unsolicited Polling Interval. ويرتبط هذا المجال بمنهجية جدولة الرفع rtPS والتي نركز اهتمامنا عليها. في مجموعة بارامترات QoS الموجودة في شبكات IEEE 802.16e يتم تحديد كلاً من مستويات التذبذب والتأخير المقبولة عبر خانتين هما Tolerated Jitter وMaximum Latency. ويتم حساب التأخير في هذا المعيار بدءاً من لحظة استقبال الرزمة إلى موائم الشبكة network interface إلى لحظة تمريرها إلى موائم التردد الراديوي Radio Frequency (RF) interface. من جهة أخرى لا يؤتى على ذكر استخدام خانة Tolerated Jitter إلا في UGS. فمن أجل تدفق ما i تم منحه عرض الرزمة في اللحظة t_i، يجب أن يتم

المنح التالي في لحظة t'_i التي يجب أن تبقى في المجال $t_i <= t'_i <= t_i + jitter$. أما عن حدود فقد البيانات فهي غير محددة في المعيار، إلا أن الخانة Minimum Reserved Rate تهدف إلى ضمان تخصيص كمية محددة من عرض الرزمة لتدفق معين حتى أثناء اختناق الشبكة.

3-6-5 احتياجات الجدولة والتعديلات المقترحة:

لتحقيق الكفاءة في الجدولة وتنفيذ خوارزميات تعتمد على المهلة القصوى، فإننا نوظف آليات MAC موجودة أساساً في الشبكة لترحيل معلومات غير مذكورة في المعيار. يتم في هذه الفقرة استعراض طرق للوصول إلى مقدار زمن الوصول المحدد للرزمة عند مصدر إرسالها وحساب المهلة القصوى لتوصيلها.

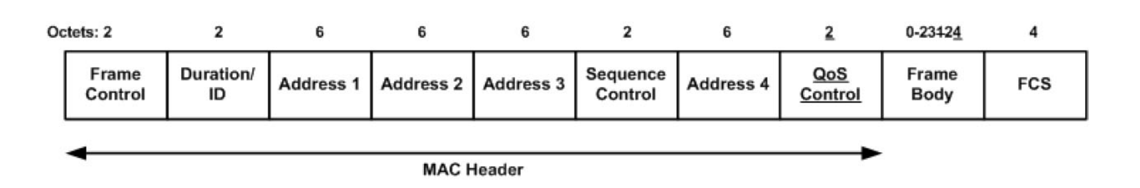
تعتبر المهلة القصوى للتوصيل المفروضة على أداء مهمة ما أمر مهم جداً على صعيد الجدولة الفورية. حيث من الضروري جداً للمهام التي لها مهلة قصوى مشددة أن يتم إكمال المهمة بحلول وقت معين لتكون هذه المهمة ناجحة، في حين تقل فائدة المهام التي فرض عليها مهلة قصوى غير مشددة إذا تم تنفيذ المهمة خلال زمن يتجاوز هذه المهلة. وعند الكلام عن جدولة الرزم، فإن كل رزمة تنتمي لتدفق ما يفرض عليها المهلة القصوى نفسها، فمثلاً كل رزمة في تدفق VoIP يجب توصيلها بالكامل قبل مهلة قصوى تبلغ 40ms. يمكن بسهولة تحديد المهل القصوى لأداء المهام في كل عقدة تصدر الرزم كما يلي:

1- الحصول على زمن وصول الرزمة التي تتصدر التدفق.

2- إضافة مقدار حد التأخير للمهمة إلى زمن وصول الرزمة.

وبذلك يعتمد زمن وصول رزمة تنتظر الإرسال ببساطة إلى زمن وصول الرزمة للرتل، ويتم معرفة حدود التأخير لكل تدفق عبر بارامترات QoS المرفقة مع كل تدفق. ويمكن اعتبار معلومات المهلة القصوى معلومات أساسية في المجدولات الفورية مثل Earliest Deadline First و Least Laxity First ولذلك يجب معرفتها بدقة.يمكن تأمين المعلومات المحدثة عن طول الرتل وطلبات TXOP من قبل MAC header في شبكة IEEE 802.11e مفعلة. يبين الشكل (5-1) المقتبس من وثيقة التطوير IEEE 802.11e [25] مخطط MAC header في شبكات IEEE 802.11e. يمكننا أن نوظف البتات الثمانية في الحقل الجزئي المخصص لمدة TXOP المطلوبة لكي نرسل زمن المهلة القصوى أو زمن وصول الرزمة إلى BS. ويمكننا توسيع هذا الحقل الجزئي مع استخدام البت المحجوز في الـheader إلى تسعة بتات. مكونين بذلك مجال للوحدات يتراوح بين 512-0. على أن نفترض أن كل وحدة من هذه الوحدات تمثل 1/500 من الحد

الأعلى لتأخير التدفق. فمثلاً إذا خضع التدفق لحد تأخير يقدر بـ40ms فعندها تمثل كل وحدة 80μs. نستخدم بعدها الحقل لتحديد زمن وصول الرزمة على أنه إزاحة عن لحظة إرسال الرزمة التي احتوت هذا الـheader.



شكل (5−1) ترويسة MAC حسب التعديل IEEE802.11e [25]

وباعتبار أن شبكات IEEE 802.16e تستخدم حقل طلب عرض الرزمة Bandwidth Request بطول 19 بت أو حقل طلب piggyback بطول 16 بت لكي ترسل طلبات عرض الرزمة فيمكن استخدام هذه الحقول لتوصيل معلومات المهل القصوى في شبكات WiMAX بنفس الآلية المعتمدة في شبكات IEEE 802.11e. وبما أن الحقول التي يتم إنشاؤها في شبكات IEEE 802.16e تملك حجماً أكبر فيمكن إيصال قيمة زمن أدق، أو يمكن استخدام الحقل لإرسال كلاً من طول الرتل وزمن الوصول بآن معاً.

وبمجرد توفر معلومات الوصول للجدول يمكن حساب المهلة القصوى لوصول الرزمة كما ذكر مسبقاً. وعندها يمكن استخدام هذه المعلومات لخدمة الجدولة الفورية.

الفصل السادس

فهم أساسيات بناء شبكات الصوت عبر IP

Understanding the Basic Concepts in VoIP Networks

6-1 مقدمة

على الرغم من وجود بروتوكول الصوت عبر IP (VoIP) لعدة سنوات، إلا أنه لم ينتشر إلا مؤخراً كبديل واضح لشبكات التبديل الهاتفية العامة public switched telephone networks (PSTN) وأنظمة الصوت التقليدية. أحد أسباب تعاظم الاهتمام بهذا البروتوكول هو أن هذه التقنية يمكنها أن تساعد كلاً من مزودي الخدمة وأصحاب الاستثمارات على تقليل التكلفة وذلك باستخدام IP واحد فقط لكل من إرسال البيانات والاتصال الصوتي معاً.

إلا أن الكلفة ليست السبب الوحيد الذي قاد إلى اعتماد بروتوكول VoIP. فالخبرة المتنامية والتعديلات المستمرة في المعايير والتقنيات جعل مديري الشبكات يصممون تطبيقات تعتمد على البروتوكول VoIP كتحول شامل في أنظمة الاتصالات. فمثلاً يمكن لبروتوكول VoIP أن يلعب في هذا السياق دوراً حرجاً في تحسين فعالية مقسم اتصال ما، أو وفي تحقيق معايير الكفاءة في مبادرة الاتصال الموحد Unified Communication، وهي عبارة عن حلول جديدة تدمج ما بين جميع أشكال الاتصالات والوسائط. ويعمل مزودو الخدمة حالياً على دعم وترويج تقنيات VoIP لتأمين طيف واسع من الخدمات وتطبيقات القيمة المضافة لزبائنهم. يناقش هذا الفصل وظائف الشبكة الأساسية ومكوناتها وبروتوكولات الإشارة المستخدمة في منظومات VoIP [43] .

6-2 ما هو بروتوكول VoIP؟

بروتوكول الصوت عبر بروتوكول الانترنت Voice over Internet Protocol (VoIP) هو شكل من أشكال الاتصال الذي يسمح بإجراء المكالمات الهاتفية عبر اتصال انترنت عريض الرزمة بدلاً من خطوط الهاتف التشابهية التقليدية. النفاذ المبدئي لشبكة VoIP يسمح بالتواصل مع أشخاص آخرين أيضاً يتلقون الاتصال عبر الانترنت. خدمات VoIP المترابطة مع بعضها تمكنك أيضاً من إجراء وتلقي المكالمات الهاتفية من خطوط الهاتف الأرضي العادية مقابل أجر عادة. تتطلب بعض خدمات VoIP وجود جهاز كمبيوتر أو

هاتف VoIP مخصص، في حين تسمح الخدمات الأخرى لهاتفك العادي بإجراء مكالمات VoIP عبر محول خاص [44].

3-6 منظومات VoIP

تشكل التطبيقات الحديثة لبروتوكول VoIP وبوتيرة متزايدة جزءاً مركزياً من هدف أو إستراتيجية أكبر بدلاً من كونها هدفاً نهائياً بحد ذاتها. وتنبئ هذه الأهداف والاستراتيجيات بالأولويات والمعايير التي تحكم اتخاذ القرار والتي تترافق مع عملية التخطيط لإنشاء الشبكة.

وباعتبار أن التخطيط لإنشاء شبكات VoIP يتضمن الكثير من التسويات والقرارات التي يجب اتخاذها، فربما كان من المفيد أن نستعرض بإيجاز بعض المبادرات التي صممت لتنفيذ شبكات VoIP. يلخص الجدول (6-1) بعضاً من الحلول الرئيسية والتطبيقات التي تستخدم فيها المبادرات التي تدعم تنفيذ شبكات VoIP.

جدول (6-1) مبادرات VoIP الرئيسية

المبادرة	التوصيف	الاعتبارات المعنية
مقسم الاتصال المتكامل Integrated call center	أرقى مستوى من مراكز الاتصال المترابطة مع شبكة الانترنت، والتي تتيح عدة قنوات للتواصل مع الزبائن والتفاعل معهم	جودة الصوت، أمن الشبكة، صعوبة توصيف الخبرات المطلوبة، إنشاء الحسابات وإصدار الفواتير
الاتصالات الموحدة Unified Communications	يشير المصطلح إلى مفهوم تقني يشكل إطاراً موحداً يسمح للمستخدم فيه بالتحكم بكافة وظائف الوسائط المتعددة multimedia والمشتركة cross-media والاتصال الهاتفي والخلوي، وذلك لأهداف الترفيه والأعمال	جودة الصوت، أمن الشبكة، صعوبة توصيف الخبرات المطلوبة، إنشاء الحسابات وإصدار الفواتير
نظام الوسائط المتعددة الفرعي المعتمد على IP IP Multimedia Subsystem (IMS)	إطار عملياتي بنيوي يهدف إلى توسيع قدرة الشبكات الخلوية في مجال الاتصالات والوسائط المتعددة. تم تصميمه أصلاً من قبل هيئة معايير الشبكات اللاسلكية في مشروع الجيل الثالث 3GPP	جودة الصوت، أمن الشبكة و درجة استيعابها، إدارة الحسابات ومنهجية حساب التكلفة، أمكانية التنقل، الإعداد الديناميكي المحدد بالجلسة.
تمكين النقاط الطرفية Endpoint Enablement	وهي عبارة عن نهج يكتسب رواجاً متزايداً بين مصممي الشبكات ويقترح بأن النهايات الطرفية يجب أن تحدد بنية الشبكة بدلاً من أن تكون خاضعة لها وتتقيد بها	أمن الشبكة ودرجة استيعابها، إدارة الحسابات ومنهجية حساب الكلفة، أمكانية التنقل، الإعداد الديناميكي المحدد بالجلسة

الخدمات المدارة	تعتمد المبادرة على تقديم وإدارة عدة تطبيقات في الشبكة معتمدة على البنية التحتية ومنهجية الاستضافة من قبل مزودي الخدمة أنفسهم، بما فيها تقنية IP centrex، كابلات حاملة للصوت عبر IP وعدد من الخدمات المعتمدة على البنية التحتية ومنهجية الاستضافة	جودة الصوت، أمن الشبكة ودرجة استيعابها، منهجية حساب التكلفة وإدارة الحسابات، إمكانية التنقل، الإعداد الديناميكي المعتمد على الجلسة.

6-4 الوظائف الأساسية لشبكات PSTN و VoIP:

قبل الخوض في تفاصيل مكونات VoIP والتقنيات المستخدمة فيها. من المهم أن نفهم وظائف الشبكة الأساسية التي تجعل من خدمات الصوت عبر الشبكة ممكنة التحقيق. يشرح هذا القسم كيف تستخدم شبكات VoIP و PSTN العناصر التالية:

- خدمات قواعد البيانات لتحديد موقع النهايات الطرفية والترجمة بين منهجيات العنونة المستخدمة في شبكتين متباينتين عادةً.
- تراسل الإشارات لتنسيق الإجراءات الصادرة عن مكونات الشبكة المختلفة والضرورية لإتمام الاتصال بين نهايتين طرفيتين في الشبكة.
- آليات قطع وإنشاء الاتصال (التحكم بحوامل الاتصال) لنقل المحتوى الصوتي.
- عمليات الترميز وفك الترميز (CODEC) لتحويل الموجات التشابهية إلى معلومات رقمية من أجل ترحيلها عبر الشبكة[44] .

6-4-1 خدمات قواعد البيانات

تستخدم شبكات VoIP و PSTN خدمات قواعد البيانات من أجل تحديد موقع النهايات الطرفية الداخلة في اتصال ما، وأيضا من أجل التحويل بين منهجيات العنونة بين شبكتين متباينتين عادةً. نموذجياً تتضمن هذه الخدمات ما يلي:

- قاعدة بيانات لتوجيه الاتصال وتتضمن جداول التوجيه والتحويل للعناوين والمخصصة لتحديد النهاية الطرفية الداخلة في الاتصال (أي هواتف المستخدمين الطرفيين).

- آلية إعلام تعمل على إنشاء تقارير عن عمليات التراسل للمساعدة في حساب التكلفة.
- عمليات منطقية تعمل على ضمان أمن الشبكة، على سبيل المثال منع نهاية طرفية معينة من إجراء مكالمات دولية.

على عكس شبكة PSTN، والتي تميز النهايات الطرفية عبر أرقام الهاتف المخصصة لكل منها، والتي يشار إليها باسم E.164 في معايير اتحاد التقنيات الدولي ITU، تحدد شبكات VoIP النهايات الطرفية عبر رقمي الـIP والمنفذ المخصصين لكل منها. بعض شبكات VoIP تستخدم نظام أسماء النطاقات DNS لتقوم بعملية تلخيص للعناوين. تقرن شبكات VoIP و PSTN هذه الخدمات مع التحكم بحالية الاتصال وتراسل الإشارات لتنسيق الفعاليات الصادرة عن مكوناتها.[43]

6-4-2 تراسل الإشارات:

يسمح تراسل الإشارات بتواصل كل جهاز في الشبكة مع جهاز آخر. كلا النوعين من الشبكات يعتمد على آليات تراسل الإشارات لتفعيل المكونات اللازمة لإتمام الاتصال والتنسيق فيما بينها. في شبكة PSTN تتواصل الهواتف مع بعضها عبر مبدل (TDM) تصنيف 5، أو عبر مبدل (PBX) private branch exchange خاص، وذلك من أجل إنشاء الاتصال وتوجيهه.

في شبكات VoIP، تتواصل مكونات الشبكة مع بعضها البعض عبر تبادل رزم الـIP. ويمكن تلقين الشبكة بنية هذه الرزم عبر أي من البروتوكولات المعيارية المتعددة، مثل

- H.232.
- Session initiation protocol(SIP).
- Media Gateway Control Protocol(MGCP).
- H.248.

6-4-3 آليات تأسيس الاتصال وترحيل الصوت

من الضروري جداً لنهايتين طرفيتين تؤسسان اتصال أن تتمتعا بالقدرة على فتح جلسة تواصل والحفاظ عليها. تعمل المبدلات الخاصة والعامة في شبكات PSTN على إتمام الاتصال عبر ربط تأسيس قنوات الاتصال DS0 عبر الشبكة. وتعمل كل قناة باتجاهين وبسرعة 64 kbit/sec. حيث تخصص الشبكة القناة حصراً لجلسة اتصال معينة وذلك لكامل مدة الاتصال. تعتمد شبكات PSTN على منهجية Pulse Code

Modulation (PCM) لتمثيل ترددات الصوت التشابهية. مما يسمح لها بترحيل كامل الصوت عبر قنوات DS0 على شكل قيمة مطال نبضة مرمّز رقمياً.

وبشكل مماثل، تستخدم شبكات VoIP منهجية PCM لترميز الصوت. إلا أنه وبدلاً من نقله مباشرة عبر قناة DS0 محجوزة. تقوم شبكات VoIP بنقل الصوت باستخدام موارد مشتركة. وتضع شبكات VoIP لإتمام الاتصال عينة PCM أو أكثر، وتعرف هذه العينات بالأطر frames، في رزمة IP. وتشكل شبكات VoIP هذه الرزم وفقاً لبروتوكول Real-time Transport Protocol (RTP)، ثم تقوم بتمرير هذه الرزم إلى شبكة IP تعتمد التوجيه أو تمرير الرزم. وباعتبار أن شبكات IP هذه لا تخصص مواردها بشكل محدد لرزم RTP الممررة، فإن ضمان جودة اتصال VoIP عالية يمكن أن يفرض تحدياً كبيراً لمزودي الخدمة وأصحاب الأعمال.

6-5 مكونات منظومة VoIP:

على الرغم من أن اعتماد شبكات VoIP على منهجية مختلفة في أداء الوظائف الأربعة الأساسية للشبكة، إلا أن المكونات الرئيسية لشبكة VoIP تؤدي بالتأكيد مهام مشابهة جداً لتلك التي تقدمها شبكات PSTN.

تمتلك شبكات VoIP النموذجية المكونات التالية:

- هواتف VoIP، منصات التحكم، تطبيقات الكمبيوتر، وأجهزة أخرى يجري منها المستخدمون المكالمات ويستقبلونها.
- مخدم معالجة الاتصال أو PBX، والذي يعمل على إدارة كافة اتصالات VoIP الخاصة بالتحكم.
- بوابة أو أكثر من بوابات الوسائط أو بوابات PSTN-to-VoIP التي تحول المحتوى الصوتي من أجل النقل عبر شبكات IP.
- شبكة IP تنقل المحتوى الصوتي.
- متحكم Session Border(SBC) أو أكثر والذي يتحكم بحركة التراسل الفوري القائم على الجلسة في كل من مستويي إعطاء الإشارة (التحكم بالمكالمة) والنقل وذلك عند عبور البيانات المرسلة لحدود الشبكة ومجالاتها.

6-6 متطلبات منظومة VoIP

6-6-1 ضمان الوثوقية

على الرغم من ندرة حدوث الفشل في الشبكة، إلا أنه من الضروري جداً التخطيط لها. حيث يحتاج مديري الشبكة إلى منهجيات لاستدراك حوادث كأخطاء الأجهزة أو انقطاع الاتصال. وللتعامل مع هذه الحالات يجب على مديري الشبكات تأسيس قنوات ربط متعددة بين أجهزة الشبكة ويمكن أيضاً دعمها باستخدام عدة أجهزة لنفس الوظيفة. كما ويمكن للتخطيط بالإضافة إلى ذلك لمنهجيات عمل إضافية لبوابات الوسائط ومراقباتها أن يزيد من وثوقية الشبكة.

تستخدم شبكات IP بروتوكولات توجيه لتداول معلومات عنه. وتراقب بروتوكولات التوجيه كجزء من عملها حالة روابط الاتصال. وتستشعر عادة الرزم التي فشل نقلها وتعيد توجيهها عبر مسار آخر بديل في حال وجوده. وتختلف المدة الزمنية اللازمة لاستشعار الرزم و إعادة إيجاد مسار بديل باختلاف وسيلة الاتصال المستخدمة لتأسيس هذه الروابط.

ويمكن لوجود بوابات وسائط ومراقبات بوابات قادرة بشكل تلقائي على تحديد حالة عنوان الموجه الأقرب (أو المعروف بالبوابة الافتراضية) كجزء من آلية تلافي الفشل أن يقلل من احتمالية حدوث اضطراب شديد في الخدمة. ويستطيع القائمون على الشبكة ربط كل من بوابات الوسائط ومراقبات البوابات إلى الموجهات مباشرة. وبحسب طبيعة الفشل الحاصل في الاتصال، يسمح هذا الترتيب لأجهزة الشبكة أن تستشعر بشكل مباشر الفشل في الربط ومن ثم اتخاذ الإجراء المناسب [43] .

6-6-2 ضمان أمن الشبكة

تعتبر شبكات VoIP عرضة للعديد من المخاطر الأمنية التي تتعرض لها شبكات البيانات، بما في ذلك نوع الهجمات الأمنية المسمى نكران أداء الخدمة Denial of Service (DoS)، وأيضاً سرقة الخدمة، التزوير والاحتيال. ولا تستطيع الكثير من الجدران النارية التقليدية أن تصد الهجمات الأمنية الحاصلة في شبكات VoIP لأن منظومة VoIP منفذة عملياً في طبقتي الإشارة والوسائط. لتحقيق شبكة VoIP آمنة يجب أن تكون التجهيزات الأمنية قادرة على دعم بروتوكولات VoIP مثل SIP، MGCP و H.323، فضلاً عن ربط الحالة الراهنة على مستوى إعطاء الإشارة مع تدفقات الرزم على مستوى طبقة الوسائط.

أكثر التطبيقات العملية للجدار الناري آمناً تعمل على فتح وإغلاق المنافذ والتي تدعى pinholes غالباً بشكل ديناميكي وذلك بناء على اتصال VoIP محدد. وهذا يتطلب من الجدار الناري إدراكاً لبروتوكول

إعطاء الإشارة المستخدم في الشبكة. وإلا لن تستطيع اتصالات VoIP عبور الجدار الناري ما لم يتم فتح عدد من المنافذ، مما سيجعل الشبكة عرضة للنفاذ غير المصرح به. يمكن لبوابات طبقة البرامج Application Layer Gateways (ALGs) ومن الحسنات الأخرى التي يقدمها اعتماد معيار 802.1x هي التحكم بالنفاذ إلى الشبكة network access control (NAC) وذلك اعتماداً على منظومة آمنة قوية ومرنة للمصادقة وإدارة النفاذ وتحقيق أمن الشبكة وخصوصية البيانات. يسمح هذا المعيار في جوهره بإنشاء نطاق دفاعي قوي في الشبكة، حيث يفرض سياسة تحكم قوية لقبول الاتصال لا تسمح إلا للاتصالات التي تتلاءم مع سياسة معينة بالنفاذ إلى شبكة المؤسسة [44].

6-7 تصميم منظومات VoIP

يوجد ثلاثة منهجيات شائعة لتصميم شبكة تدعم خدمات VoIP:

- تصميم قائم على أفضل جهد ممكن.
- منهجية الخدمات متمايزة النمط.
- هندسة شبكة MPLS قائمة على حركة التراسل.

تقدم كل مقاربة من هذه المنهجيات موازنة بين الكلفة والميزات. أقل هذه الأنظمة تعقيداً هي الشبكات القائمة على أفضل جهد ممكن إلا أنها لا تفي بمعظم متطلبات VoIP. في حين تضفي مقاربة الخدمات متمايزة النمط بعض الذكاء إلى الشبكة لكنها تبقى عاجزة عن تلبية جميع متطلبات VoIP. وكما سيبين هذا القسم، فإن مقدرات شبكات MPLS-TE تخولها بأن تلبي على النحو الأفضل متطلبات شبكات VoIP الأساسية في تقديم مستوى الخدمة الذي يتوقعه المستخدمون [44] .

6-8 أسلوب اختيار جهة بيع معدات شبكة VoIP

تماماً كما تتطلب شبكات البيانات معدات وبروتوكولات تختلف باختلاف الاحتياجات التجارية والتقنية لمنظمة ما، فإن كل شبكة تجري مكالمات VoIP تختلف عن الأخرى بناءً على احتياجات مختلفة. على الرغم من أن هذا التنوع في بروتوكولات VoIP سبب بعض الالتباس في السوق، إلا أن هذه المرونة التي يقدمها التنوع هي بالضبط ما جعل أنظمة VoIP مفيدة أكثر من أنظمة نقل الصوت التقليدية. عند تقييم شركات بيع المعدات، يجب على الشركات التي ستشتري أن تنظر للاعتبارات التالية:

- **القدرة على دعم نماذج خدمية مختلفة للنقل الشبكي، مثل شبكات MPLS المهندسة بناءً على حركة التراسل.** يجب هنا أن تولي الشركة عناية خاصة فيما يتعلق بمتطلبات الموثوقية ومستوى QoS الشديدة الصرامة. ويمكن لاختيار شركة متمرسة ذات خبرة في مد شبكات IP كبيرة معقدة متعددة الخدمات – ومع استخدام موجهات تعمل فوق طبقة النقل ـ أن يدر أرباحاً كبيرة.
- **قدرة الشركة على دعم المعايير المفتوحة في المنتجات التي تقدمها.** يجب على أي شركة تقدم منتجات شبكية أن تطور استراتيجيات فعالة تأخذ بعين الاعتبار التكامل التشغيلي مع كافة بروتوكولات VoIP. وبدون هذا الالتزام، فإنها تعرض أنظمة VoIP التي تنشئها لخطر الخضوع الشديد للخصائص التشغيلية لكل شبكة، كما يحدث في أنظمة الاتصالات الصوتية التقليدية.
- **القدرة على دعم بروتوكولات متعددة.** تنتج هذه المقدرة على دعم بروتوكولات كامل ومن نهاية طرفية إلى أخرى منظومة VoIP ذات استعداد أكبر للانتقال إلى بيئة تشغيلية جديدة في المستقبل. مما يعني أن الشركات يجب أن تكون قادرة على إضافة منتجات شبكية جديدة تنفذ بروتوكولات جديدة بدون أن يتطلب ذلك أعادة ترتيب كاملة للبنية التحتية أو تطويرات كبيرة على الشبكة[45] .

الفصل السابع

المحاكاة وقياس الأداء

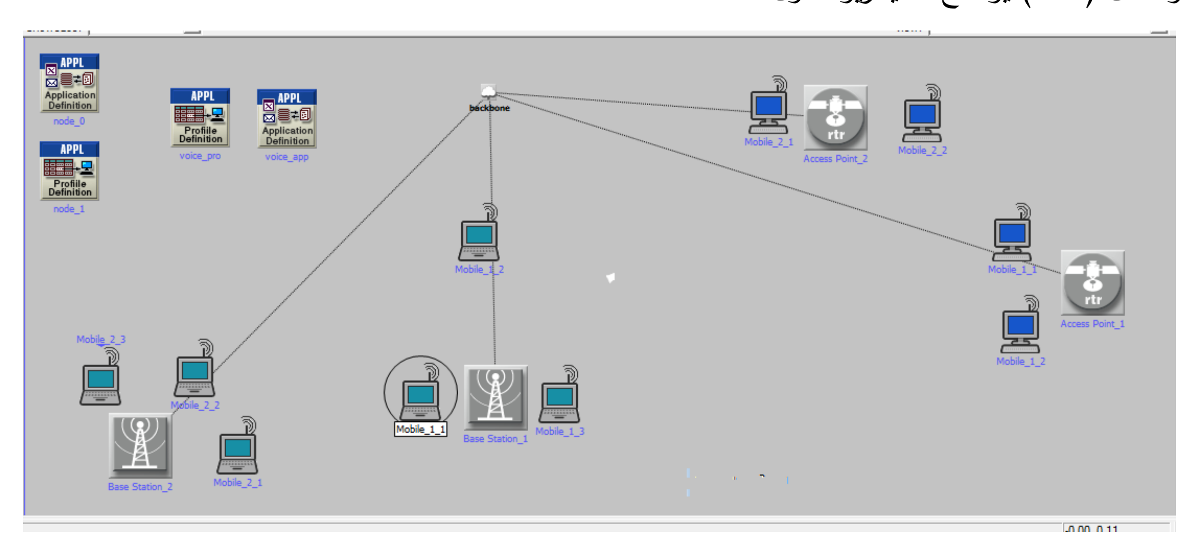
Simulation and Performance Measurement

7-1 القسم العملي

بعد التعرف في الفصول السابقة على جميع المكونات النظرية للبحث و التطرق بشكل تفصيلي على هذه المكونات تم الانتقال إلى الجزء العملي للبحث حيث تم إجراء الاختبارات باستخدام المحاكي هو OPNET14.5 والذي يعتبر من أهم البرامج المستخدمة في بناء شبكات الحاسب و شبكات الاتصالات . وتم بناء ثلاث سيناريوهات مختلفة لشبكات لاسلكية غير متجانسة كل سيناريو مكون من شبكتين الشبكة الأولى مبنية باستخدام WIFI في حين أن الشبكة الثانية مبنية باستخدام WIMAX و كان الربط بين الشبكتين باستخدام (IP backbone logical subnet) وذلك لعدم توفر نسخة مجانية من OPNET تحتوي على موجه WIFI_WIMAX . وبما أن التطبيق المدروس هو VOIP فقد تم إعطاء أولوية لهذه التدفقات عن طريق وضعها من النمط Gold في الإعدادات الخاصة بالشبكة بحيث يعطي الأفضلية للتدفق الخاص بهذا التطبيق على حساب بقية التطبيقات.

ولأن النسخة المتوفرة لا تدعم وجود البروتوكولIEEE 802.11e لذلك تم الاستعاضة عنه بأقرب برتوكول من حيث البنية و التردد و مفاهيم جودة الخدمة وهو IEEE 802.11g. الفرق بين السيناريوهات الثلاثة هو في عدد الأجهزة الموجودة في كل شبكة هذا من جهة ومن وجهة أخرى الفرق بين السيناريوهات هو عدد المستخدمين للتطبيق في كل سيناريو و بالتالي الجانب العملي كان يهدف إلى العمل على خدمة أكبر عدد ممكن من المستخدمين بحيث تبقى الشبكة محافظة على جودة الخدمة للمستخدمين.

يقوم السيناريو الأول بخدمة عدد قليل من المستخدمين بحيث لا يتجاوز هذا العدد 10 مستخدمين في الشبكتين معا والشكل (7-1) يوضح السيناريو الأول.



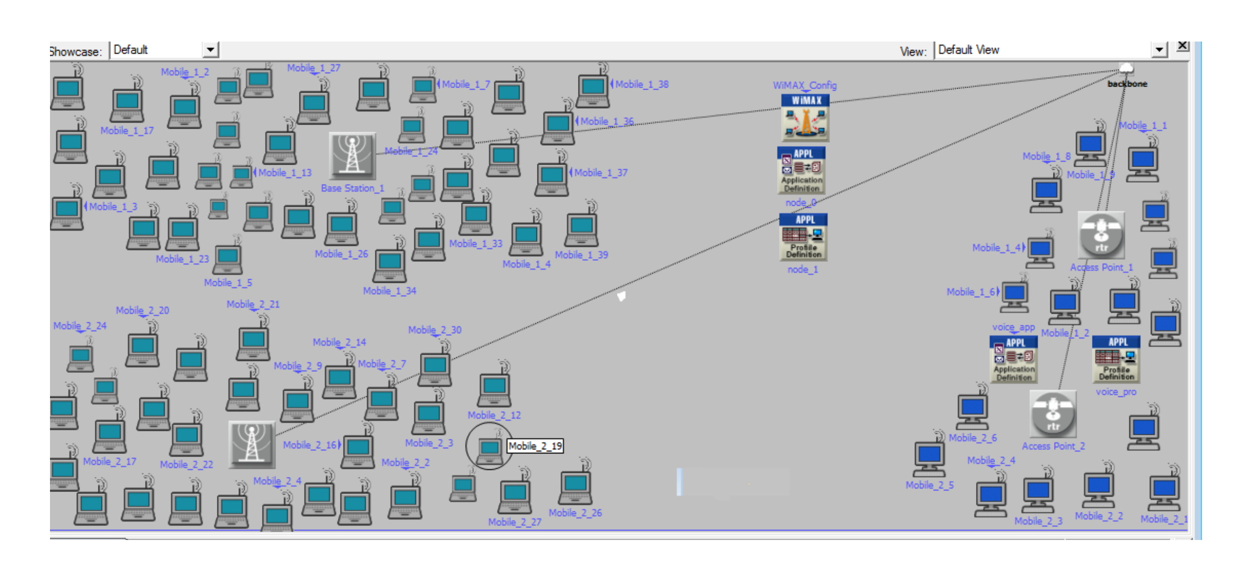
الشكل (7-1) السيناريو الأول

أما مكونات السيناريو الأول فهي موضحة بالجدول (7−1)

جدول (7−1) مكونات السيناريو الأول

اسم العنصر المستخدم	الرمز في المحاكي	العدد
Access point	Access Point_2	2
Base station	Base Station_2	2
Mobile node for WIFI	Mobile_2_1	4
Mobile node for WIMAX	Mobile_1_1	6
Profile	voice_pro	1
application	voice_app	1
backbone	backbone	1

أما السيناريو الثاني فقد تم بناءه ليقوم بخدمة عدد من المستخدمين يصل لغاية 85 مستخدم و فق التوزيع الموضح بالشكل (7-2).



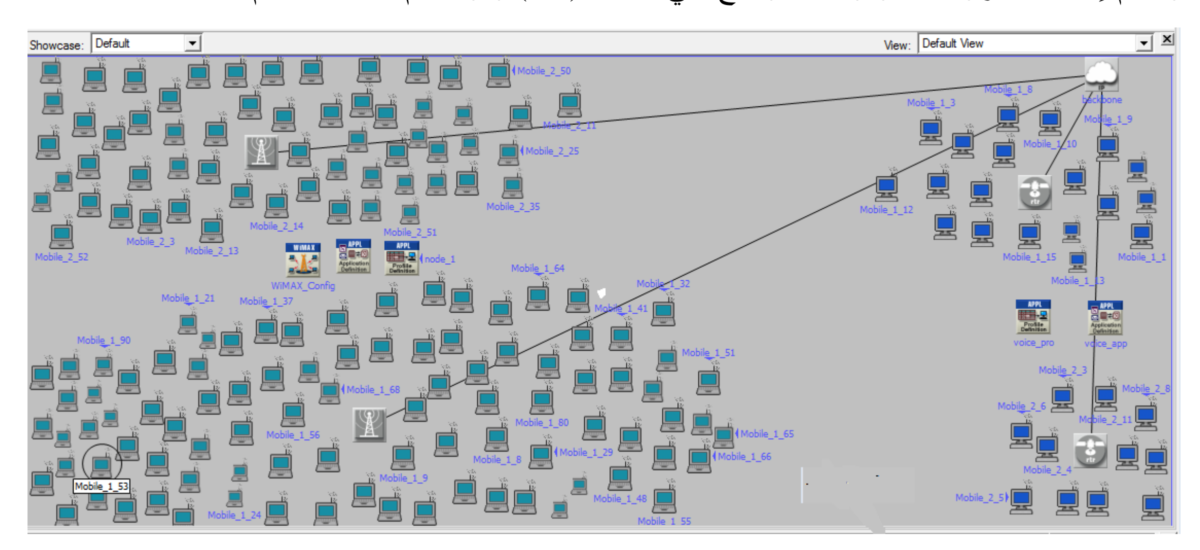
الشكل (7−2) السيناريو الثاني

وتم توضيح المكونات الداخلة في تشكيل بنية السيناريو الثاني وفق الجدول (7−2).

جدول (7−2) مكونات السيناريو الثاني

العدد	الرمز في المحاكي	اسم العنصر المستخدم
2	Access Point_2	Access point
2	Base Station_2	Base station
17	Mobile_2_1	Mobile node for WIFI
68	Mobile_1_1	Mobile node for WIMAX
1	voice_pro	Profile
1	voice_app	application
1	backbone	backbone

وقد تم إنشاء سيناريو ثالث وهو كما موضح في الشكل (3-7) وهو يخدم 181 مستخدم.



الشكل (3-7) السيناريو الثالث

وتم توضيح مكونات الثالث وفق الجدول (3-7):

جدول (3-7) مكونات السيناريو الثالث

اسم العنصر المستخدم	الرمز في المحاكي	العدد
Access point		2
Base station		2
Mobile node for WIFI		31
Mobile node for WIMAX		150
Profile		1
application		1
backbone		1

و تم وضع الجدول (7-4) الذي يوضح الفرق بين السيناريوهات الثلاثة المحددة.

جدول (7−4) الفروق بين السيناريوهات الثلاثة

اسم العنصر المستخدم	العدد في السيناريو الأول	العدد في السيناريو الثاني	العدد في السيناريو الثالث
Access point	2	2	2
Base station	2	2	2
Mobile node for WIFI	4	17	31
Mobile node for WIMAX	6	68	150

7−2 برمجة الشبكة

بعد أن تم وضع تصور عن السيناريوهات التي سيتم دراستها يتم الانتقال إلى المرحلة الثانية وهي وضع مجموعة من الإعدادات والبرمجيات الخاصة للأجهزة المركزية في كل شبكة أي (ACESS POINT) في الشبكات التي تعمل وفق البروتوكول IEEE 802.11e وكانت وفق الجدول (7-5).

جدول (7−5) الإعدادات المستخدمة في برمجة Access point

Name	Access point _1
Start time	Custom 5
Stop time	Never
Traffic types of service	Interactive voice
Wireless LAN MAC address	Auto assign
Data rate	11 Mbps
BSS identifier	1

وتم تزويد الأجهزة الطرفية في هذه الشبكة العاملة وفق المعيار IEEE 802.11 بالمواصفات المبينة في الجدول (7-6).

جدول (7−6) إعدادات الأجهزة الطرفية المستخدمة في الشبكة IEEE 802.11

Name	Mobile_1_1
Wireless LAN MAC address	Auto assign
Physical characteristics	IEEE 802.11g
Data rate	24
Transmit power	2w
Channel setting	Auto assign
Buffer size	256000
Packet reception power threshold	-95 dbi
BSS identifier	1

وتم وضع الإعدادات والبرمجيات التالية للـ(BASE STATION) بالنسبة للشبكة التي تعمل وفق البروتوكول IEEE 802.16e كما هو مبين في الجدول (7−7).

جدول (7−7) الإعدادات المستخدمة في برمجة الـ(Base Stations)

Name	Base station_1
Antenna gain	15 dbi
Maximum numbers of SS	100
Number of rows	1
Service class name	Gold
Maximum transmit ion power	0.5 W

وتم تزويد الأجهزة الطرفية في هذه الشبكة بالمواصفات المبينة في الجدول (7-8).

جدول (7−8) إعدادات الأجهزة الطرفية في الشبكة IEEE 802.16

Name	Mobile_1_1
Number of rows	1
Antenna gain	-1 dbi
Number of rows	1
Service class name	Gold
Down link service flows → number of rows	1
up link service flows → number of rows	1
Modulation and coding	QPSK ½
Buffer size	64 KB
Average SDU size	1500 bytes
Activity idle timer	60 sec
Application→ voice→symbolic name	Voice destination
Profile name	v_pro
Application supported service	All

7−3 المحاكاة

تم إجراء عملية المحاكاة لمدة ساعتين لجميع السيناريوهات السابقة ضمن الشروط المطبقة باستخدام المحاكي OPNET14.5 والذي قدم مخططات تفصيلية وأخرى مجمعة بطريقة توضح الأهداف من هذه الدراسة ويمكن تلخيص عملية المحاكاة من حيث السيناريوهات المستخدمة و مدة المحاكاة التي تم اعتمادها في المحاكي وما قابلها زمنيا من الناحية الواقعية أي الزمن الحقيقي للمحاكاة ومعرفة العدد الدقيق للاتصالات التي قامت كل شبكة بإجرائها وفق الجدول (7−9).

جدول (7-9) ملخص لعملية المحاكاة المطبقة

اسم السيناريو	مدة المحاكاة	الوقت الحقيقي المستغرق	عدد محاولات الاتصال	عدد الاتصالات
1	ساعتان	25 دقيقة	16	19
2	ساعتان	4 ساعات و 10 دقائق	16	132
3	ساعتان	6 ساعات و 21 دقيقة	16	146

4-7 النتائج والمناقشة :

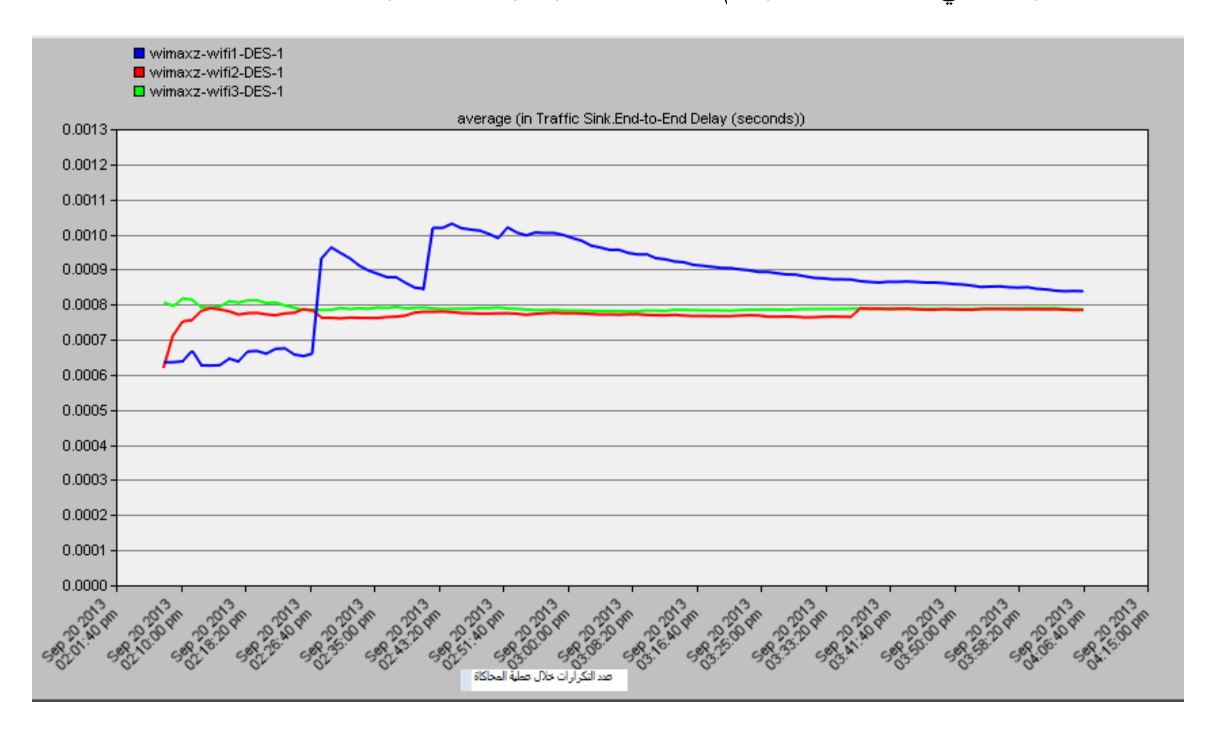
تم دراسة معيارين أساسين لجودة الخدمة هما التأخير الزمني DELAY TIME بالإضافة إلى المردود THROUGHPUT كذلك تم التطرق بالقسم النظري إلى هذين المعيارين بطريقة تفصيلية أما هنا تتم قراءة المخططات الناتجة عن عملية المحاكاة و التي يمكن تقسيمها إلى:

- مخططات ناتجة عن الشبكة الهجينة أي الشبكة بعد عملية الربط و هي مخططات التطبيق ذلك بسبب عدم وجود أي نشاط أو تطبيق في الشبكة إلا تطبيق VOIP المدروس.
- مخططات ناتجة عن الشبكة IEEE 802.11.
- مخططات ناتجة عن الشبكة IEEE 802.16.

7-4-1 المخططات الناتجة عن الشبكة الهجينة

7-4-1-1 End To End Delay التأخير من عقدة إلى عقدة في الشبكة الهجينة

بداية سوف نتحدث عن المخططات الخاصة بالتطبيق و سندرس معيارين أولهما END TO END DELAY وهو يعبر عن الوقت المستغرق لنقل البيانات من عقدة إلى عقدة أخرى في الشبكة والشكل(7-4) يوضح النتائج المتعلقة بهذا المعيار فهو يوضح النتيجة مجمعة للسيناريوهات الثلاثة في مخطط واحد حيث المخطط المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث.



الشكل (7-4) زمن الإرسال المستغرق بين عقدة وأخرى للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

و يمكن توضيح هذه المخططات وفق جدول (7-10) الذي يحدد القيم في بداية تشغيل عملية المحاكاة و يدل على مجال التغيير و من ثم القيمة النهائية مع مراعاة الزمن المستغرق.

جدول (7−10) التغيير في قيم End To End Delay للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Seconds	مجال التغير seconds	قيمة الاستقرار seconds
1	16 محاولة	19 اتصال	0.00063 بعد (7) دقائق من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار (1)	(0.00062) أقل قيمة عند مرور (11) دقيقة من المحاكاة وبعد التكرار (1) (0.00112) أعلى قيمة عند مرور 42 دقيقة من المحاكاة وعند التكرار (5)	0.00085 بعد مرور 117 دقيقة عند التكرار 14 حتى نهاية المحاكاة
2	16 محاولة	132 اتصال	0.00065 بعد (7) دقائق من بدء المحاكاة وقبل القيام بالتكرار (1)	(0.00076) أقل قيمة بعد مرور (9) دقائق من المحاكاة وعند التكرار رقم (1) وأعلى قيمة هي 0.00079 بعد مرور (14) دقيقة وعند التكرار رقم (11)	0.00077 بعد مرور (95) دقيقة وبعد التكرار رقم (11) حتى نهاية المحاكاة
3	16 محاولة	146 اتصال	0.00081 بعد (7) دقائق من بدء المحاكاة وقبل القيام بالتكرار (1)	(0.00077) أقل قيمة بعد مرور (59) دقيقة وعند التكرار رقم (7) وأعلى قيمة بعد مرور (9) دقائق وعند التكرار رقم (1) (0.00082)	0.00078 بعد مرور (73) دقيقة وبعد التكرار رقم (8) حتى نهاية المحاكاة

ومن الجدول (7−11) يمكن معرفة قيمة End To End Delay عند كل تكرار :

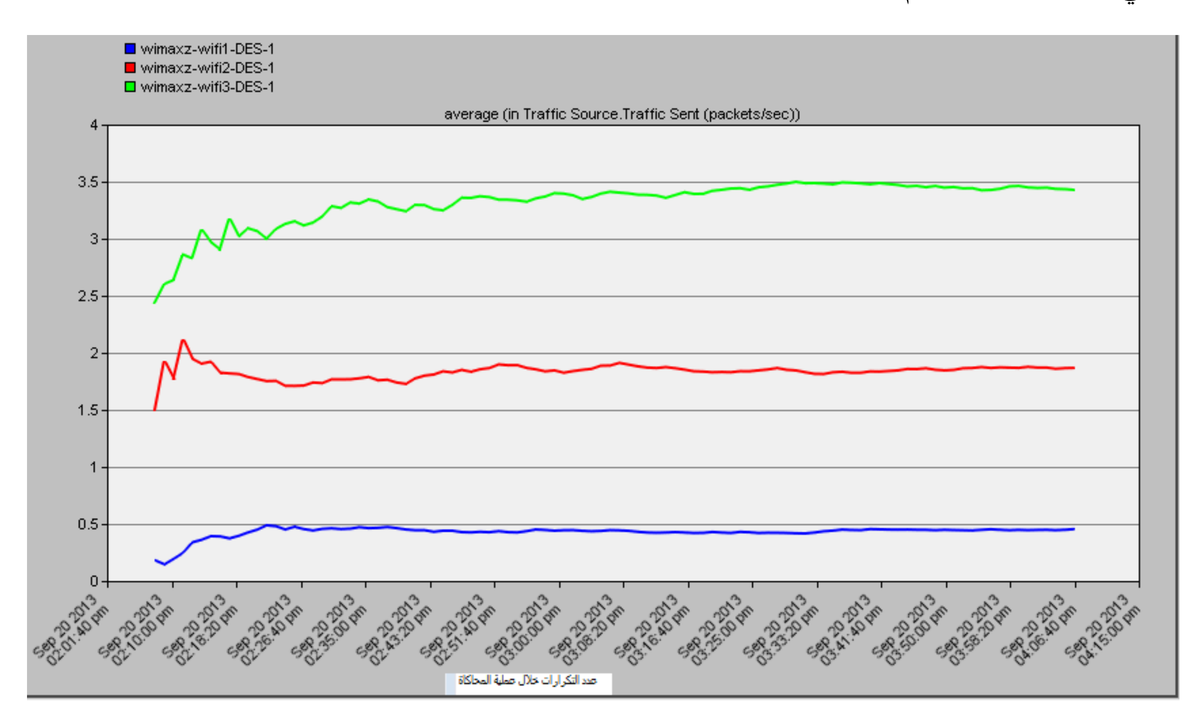
الجدول (7−11) قيم End To End Delay عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

رقم التكرار	القيمة عند السيناريو sec (1)	القيمة عند السيناريو sec (2)	القيمة عند السيناريو sec (3)
1	0.00063	0.00075	0.00082
2	0.00067	0.000775	0.00081
3	0.00067	0.00078	0.00078
4	0.00088	0.00076	0.00079
5	0.00112	0.00077	0.00079
6	0.0010	0.00076	0.00078
7	0.00099	0.00075	0.00078
8	0.00095	0.00076	0.00078
9	0.00091	0.000706	0.00078
10	0.00090	0.000755	0.00078
11	0.00088	0.000755	0.00078
12	0.00087	0.00077	0.00078
13	0.00086	0.00077	0.00078
14	0.00085	0.00077	0.00078
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

نستنتج من الجدولين (7−10) و (7−11) أن السيناريو الأفضل بالنسبة لهذا المعيار هو السيناريو الثاني و ذلك لأنه يحقق أقل تأخير زمني وهو المطلوب و يخدم عدد جيد من المستخدمين ويمكن اعتبار السيناريو الثالث جيد و في بعض الحالات يمكن اعتباره الأفضل و ذلك بسبب وجود فارق زمني بين السيناريوهين يقدر 0.00001sec والسيناريو الثالث يخدم أكبر عدد ممكن من المستخدمين فالقرار الفصل يعود لطبيعة العمليات و الاتصالات والمستخدمين الذين يستخدمون هذه الشبكة والغاية منها وطبعا كل ذلك وفق الشروط الطبقة.

7-4-1-2 معيار Traffic Source Traffic Sent في الشبكة الهجينة

آما المعيار الثاني المدروس فهو Traffic Source Traffic Sent وهو يعبر عن كمية الرزم المرسلة من الشبكة الأولى إلى الشبكة الثانية وهنا يعبر عن كمية الرزم المتعلقة بتطبيق VOIP المرسلة في الشبكة الهجينة. الشكل (7-5) يوضح النتيجة مجمعة للسيناريوهات الثلاثة في شكل واحد حيث المنحني المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث .



الشكل (7-5) كمية الرزم المرسلة من الشبكة الأولى إلى الثانية للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

و يمكن توضيح هذه المخططات وفق الجدول (7-12) الذي يحدد القيم في بداية تشغيل عملية المحاكاة و يدل على مجال التغيير من حيث عدد الرزم المرسلة حتى نصل إلى القيمة النهائية.

الجدول (7−12) التغيير في عدد الرزم المرسلة للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Packets/sec	مجال التغير Packets/sec	قيمة الاستقرار Packets/sec
1	16 محاولة	19 اتصال	0.17 عند الدقيقة رقم (7) من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار رقم (1)	(0.15) أقل قيمة عند مرور (8) دقائق من المحاكاة وقبل البدء بالتكرار رقم (1) وأعلى قيمة بعد مرور (23) دقيقة هي (0.48) بعد التكرار رقم (2)	0.45 بعد (93) دقيقة من المحاكاة وبعد التكرار رقم (11)
2	16 محاولة	132 اتصال	1.5 عند الدقيقة رقم (7) من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار (1)	(1.7) أقل قيمة بعد مرور (25) دقيقة من المحاكاة وعند التكرار رقم (3) وأعلى قيمة هي (2.1) بعد مرور (10) دقائق من المحاكاة وعند التكرار رقم (1)	1.9 بعد مرور (109) دقيقة من المحاكاة وعند التكرار رقم (13)
3	16 محاولة	146 اتصال	2.4 عند الدقيقة رقم (7) من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار (1)	(2.6) أقل قيمة بعد مرور (9) دقائق من المحاكاة وعند التكرار رقم (1) وأعلى قيمة هي 3.5 بعد مرور (84) دقيقة من المحاكاة وبعد التكرار رقم (10)	3.4 بعد مرور (117) دقيقة من المحاكاة وعند التكرار رقم (14)

والجدول (7−13) يبين قيم هذا المعيار عند كل تكرار

الجدول (7−13) قيمة Traffic Source Traffic Sent عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة الهجينة

رقم التكرار	السيناريو (1) Packets/sec	السيناريو (2) Packets/sec	السيناريو (3) Packets/sec
1	0.19	1.8	2.6
2	0.40	1.82	3.050
3	0.45	1.7	3.15
4	0.47	1.75	3.35
5	0.43	1.85	3.25
6	0.43	1.9	3.35
7	0.44	1.82	3.37
8	0.445	1.90	3.37
9	0.42	1.85	3.37
10	0.42	1.85	3.50
11	0.44	1.81	3.50
12	0.45	1.83	3.49
13	0.45	1.9	3.38
14	0.45	1.9	3.4
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

من الشكل (7−5) والجدول (7−13) السيناريو الأفضل هو الذي يقوم بإرسال أكبر عدد ممكن من الرزم (packets) لذلك فإن السيناريو الأفضل هو رقم (3) ضمن الشروط المطبقة.

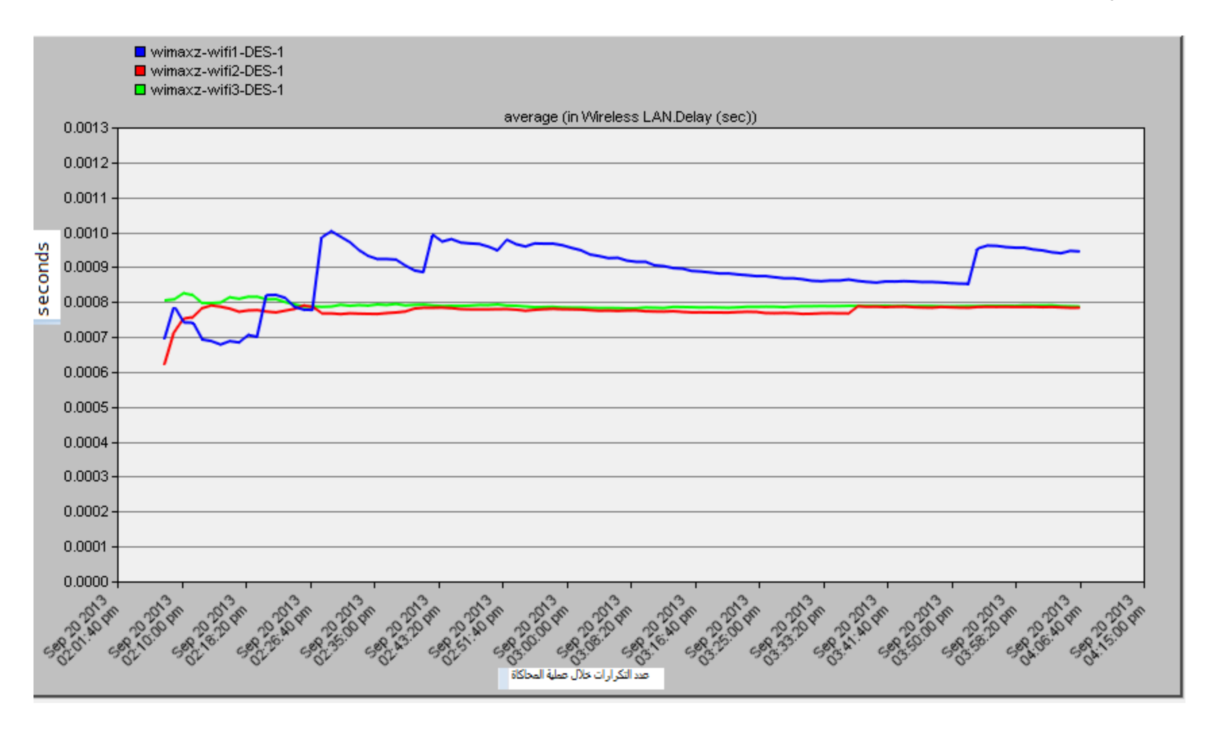
بعد التطرق لدراسة عوامل جودة الخدمة للتطبيق في الشبكة الهجينة تمت دراسة عوامل جودة الخدمة في كل شبكة على حدى بعد عملية الربط وسندرس في كل شبكة

- Delay time.
- Throughput.

7−4−2 المخططات الناتجة عن شبكة مبنية باستخدام IEEE 802.11

7−4−2−1 Delay time في الشبكة IEEE 802.11

بداية سنقوم بدراسة Delay time للسيناريوهات الثلاثة كما في الشكل(7−6) فهو يوضح النتيجة مجمعة لهذه السيناريوهات في مخطط واحد فالمخطط المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث.



الشكل (7−6) Delay Time للسيناريوهات المقترحة في الشبكة المبنية باستخدام IEEE 802.11

و يمكن توضيح هذه المخططات وفق الجدول (7−14) الذي يحدد القيم في بداية تشغيل عملية المحاكاة و يدل على مجال التغيير من حيث الوقت المستغرق لإرسال الرزم حتى نصل إلى القيمة النهائية

جدول (7−14) تغيرات Delay time للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية seconds	مجال التغيير Seconds	قيمة الاستقرار seconds
1	16 محاولة	19 اتصال	0.0007 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار رقم (1)	0.00069 بعد مرور (15) دقيقة من المحاكاة وهي أقل قيمة وتتواجد بعد التكرار الأول وأعلى قيمة هي (0.0010) بعد مرور (26) دقيقة من المحاكاة وبعد التكرار رقم (3)	0.00094 بعد مرور (117) دقيقة وبعد التكرار رقم (13) حتى نهاية المحاكاة
2	16 محاولة	132 اتصال	0.00063 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل القيام بالتكرار رقم (1)	(0.00076) بعد مرور (9) دقائق من المحاكاة وعند التكرار رقم (1) وهي أقل قيمة في حين أن أعلى قيمة هي 0.00079 بعد مرور (14) دقيقة وبعد التكرار رقم (1)	0.00078 بعد مرور (95) دقيقة من المحاكاة وبعد التكرار رقم (11) ويستمر حتى نهاية المحاكاة
3	16 محاولة	146 اتصال	0.00081 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار (1)	0.00078 بعد مرور (67) دقيقة من المحاكاة وعند التكرار رقم (8) وهي أقل قيمة في حين أن أعلى قيمة هي (0.00083) عند التكرار رقم (11) وبعد مرور (9) دقائق من المحاكاة	0.00079 بعد مرور (86) دقيقة وبعد التكرار رقم (10) ويستمر حتى نهاية المحاكاة

و الجدول (7−15) يبين قيم هذا المعيار عند كل تكرار

جدول (7−15) قيم Delay Time عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

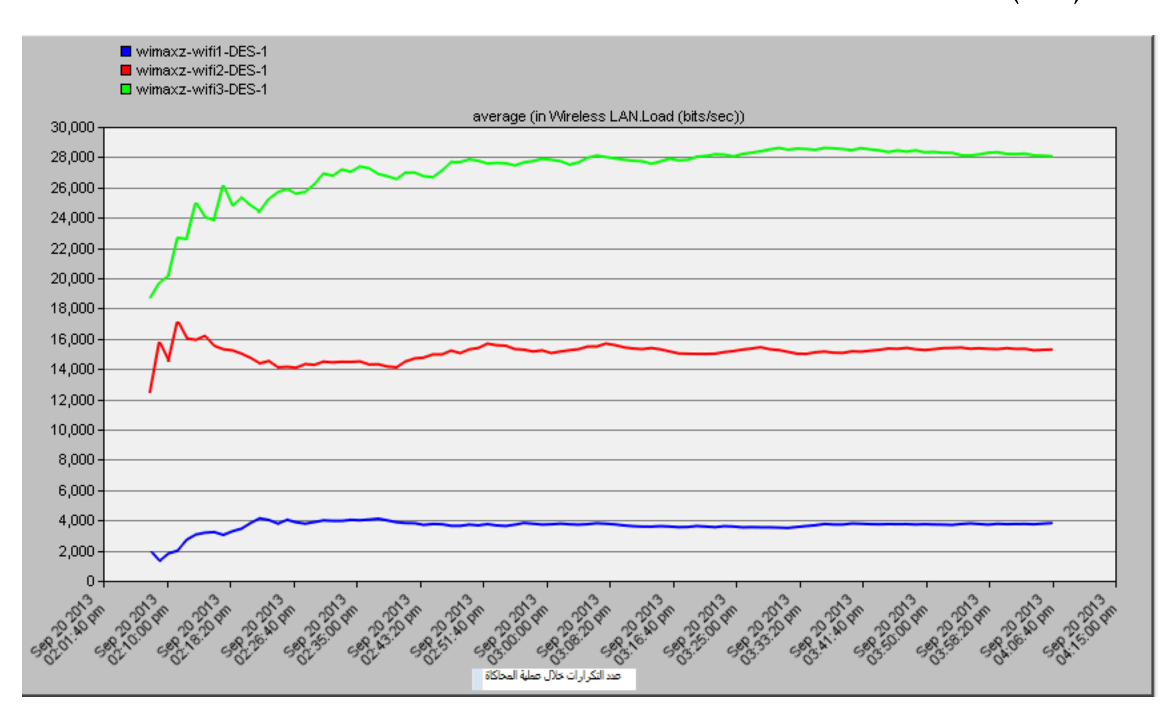
رقم التكرار	القيمة عند السيناريو sec (1)	القيمة عند السيناريو sec (2)	القيمة عند السيناريو sec (3)
1	0.00074	0.00076	0.00083
2	0.00070	0.00078	0.00081
3	0.00080	0.00077	0.00078
4	0.00093	0.000775	0.00080
5	0.00097	0.00078	0.00078
6	0.00097	0.00078	0.00078
7	0.00095	0.00078	0.00077
8	0.00092	0.00078	0.00078
9	0.00088	0.00077	0.000775
10	0.00086	0.00077	0.00078
11	0.00085	0.00077	0.00079
12	0.00085	0.00078	0.00079
13	0.00085	0.00078	0.00079
14	0.00094	0.00078	0.00079
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

وبعد دراسة الجدولين (7−14) و (7−15) نجد أن السيناريو الأفضل بالنسبة لهذا المعيار هو السيناريو الثاني و ذلك لأنه يحقق أقل تأخير زمني أما السيناريو الثالث جيد و في بعض الحالات يمكن اعتباره الأفضل و ذلك بسبب وجود فارق زمني بين السيناريوهين يقدر بـ0.00001sec والسيناريو الثالث يخدم أكبر عدد ممكن من المستخدمين فالقرار مرتبط لطبيعة العمليات و الاتصالات والمستخدمين الذين يستخدمون هذه الشبكة والغاية منها وطبعا كل ذلك وفق الشروط الطبقة.

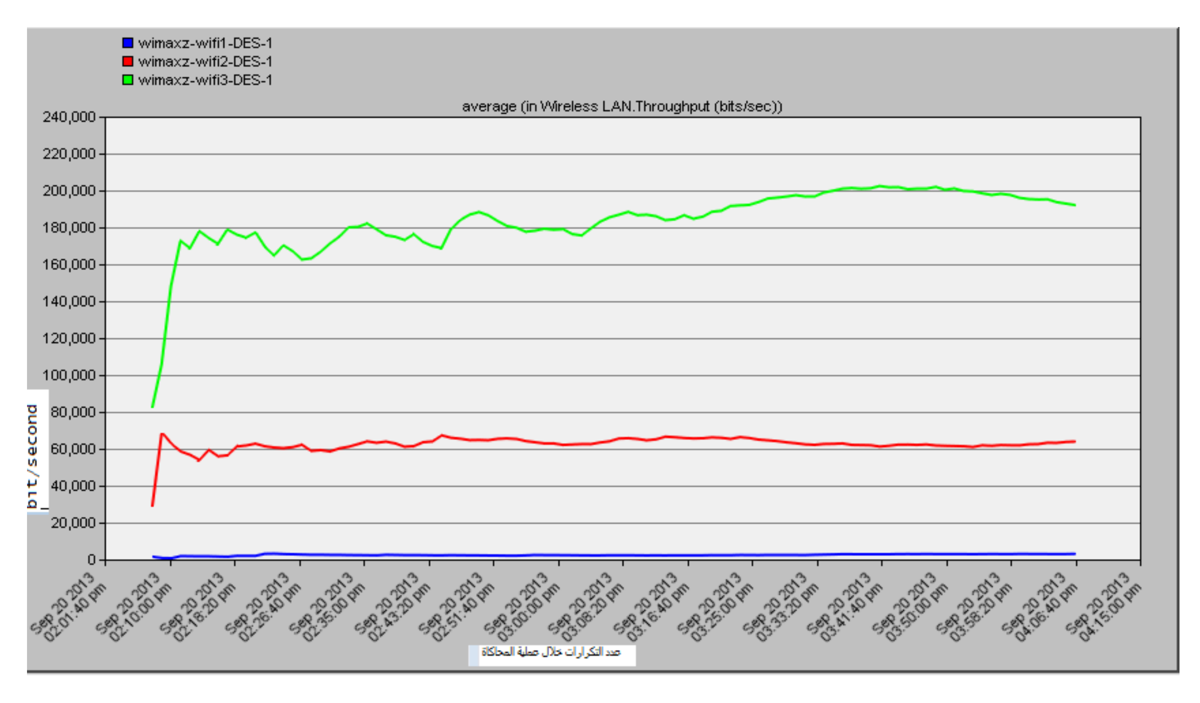
7−4−2−2 Throughput في الشبكة IEEE 802.11

بالانتقال إلى المعيار الثاني وهو Throughput تمت دراسة الحمل المطبق على الشبكة المطلوبة في السيناريوهات الثلاثة و المخطط (7−7) يحدد Load بطريقة مجمعة للسيناريوهات الثلاثة في مخطط واحد حيث المخطط المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث وبعد ذلك قمنا

باستخراج المخططات المتعلقة بالمعيار المدروس وهو Throughput فكانت المخططات كما هو مبين في الشكل (7−8).



الشكل (7−7) الأحمال المطبقة على السيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11



الشكل (7−8) Throughput الناتج من السيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

و يمكن توضيح هذه المخططات المتعلقة بالمعيار Load وفق الجدول (7–16) الذي يحدد القيم في بداية تشغيل عملية المحاكاة و يدل على مجال التغيير من حيث كمية bits التي تم تطبيقها على الشبكة خلال ثانية واحدة حتى نصل إلى القيمة النهائية عند نهاية المحاكاة.

جدول (7–16) تغيرات الأحمال للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Bits/sec	مجال التغير	قيمة الاستقرار Bits/sec
1	16 محاولة	19 اتصال	2000 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار (1)	(1300) بعد مرور (9) دقائق من المحاكاة وهي أقل قيمة وقبل التكرار الأول في حيث أن أعلى قيمة هي (4100) بعد مرور (21) دقيقة وبعد التكرار الثاني	3750 بعد التكرار رقم (13) وبعد مرور (117) دقيقة ويبقى مستقر حتى نهاية المحاكاة
2	16 محاولة	132 اتصال	12500 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار رقم (1)	(14100) بعد مرور (24) دقيقة من المحاكاة وهي أقل قيمة وقبل التكرار رقم (3) في حين أن أعلى قيمة هي (17000) بعد التكرار الأول وبعد مرور (11) دقيقة من المحاكاة	15200 عند التكرار رقم (13) وبعد مرور (109) دقيقة ويبقى مستمر حتى نهاية المحاكاة
3	16 محاولة	146 اتصال	18200 بعد مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار رقم (1)	(20000) هي أقل قيمة عند التكرار الأول وبعد مرور (9) دقائق في حيث أن أعلى قيمة هي 28200 بعد التكرار رقم (10) وعند مرور (92) دقيقة من المحاكاة	28000 عند التكرار رقم (13) وبعد مرور (113) دقيقة من المحاكاة ويستمر حتى نهاية المحاكاة

و يمكن تفسير هذه المخططات المتعلقة بالمعيار المدروس وفق الجدول (7-17) الذي يحدد القيم في بداية تشغيل عملية المحاكاة و يدل على مجال التغيير من حيث كمية البت المرسلة حتى نصل إلى القيمة النهائية.

جدول (7–17) تغيرات قيم Throughput للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Bits/sec	مجال التغير	قيمة الاستقرار Bits/sec
1	16 محاولة	19 اتصال	1490 قبل التكرار الأول وعند مرور (7) دقائق من المحاكاة	(750) وهي أقل قيمة وبعد مرور(9) دقائق من المحاكاة عند التكرار رقم (1) وأعلى قيمة هي (3200) بعد التكرار رقم (2) وعند مرور 23 دقيقة من المحاكاة	3000 بعد التكرار رقم (13) ومرور (127) دقيقة حتى نهاية المحاكاة
2	16 محاولة	132 اتصال	29000 عند مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار الأول	(55000) أقل قيمة بعد مرور (11) دقيقة على المحاكاة وبعد التكرار الأول أما أعلى قيمة فهي (68000) عند التكرار الأول وبعد مرور (9) دقائق من المحاكاة	64000 بعد التكرار رقم (14) ومرور (120) دقيقة من المحاكاة
3	16 محاولة	146 اتصال	82000 عند مرور (7) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار الأول	162000 أقل قيمة بعد مرور 25 دقيقة من المحاكاة عند التكرار رقم (3) وأعلى قيمة هي 200000 عند التكرار رقم (12) وبعد مرور (100) دقيقة من المحاكاة	196000 عند التكرار رقم (15) وبعد مرور (125) دقيقة من المحاكاة

أما الجدول (7-18) فيظهر الحمل المطبق عند كل تكرار

جدول (7–18) قيمة الأحمال عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

رقم التكرار	السيناريو (1) Bits/sec	السيناريو (2) Bits/sec	السيناريو (3) Bits/sec
1	1800	15000	20000
2	3300	15100	25000
3	3800	14200	25500
4	4000	14500	27000
5	3700	14900	27000
6	3700	15500	27800
7	3750	15000	27500
8	3700	15500	27900
9	3600	15000	28000
10	3550	15200	28200
11	3700	15000	28200
12	3550	15200	28100
13	3700	15200	28100
14	3750	15200	28000
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

نلاحظ مما سبق انه كلما كان (Load) منخفضاً كلما كان أفضل لذا فإن الأفضل هو السيناريو رقم (1) و المعيار المدروس هو Throughput فقد كانت القيمة عند كل تكرار وفق الجدول (7-18).

جدول (7−19) قيم Throughput عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.11

رقم التكرار	السيناريو (1) Bits/sec	السيناريو (2) Bits/sec	السيناريو (3) Bits/sec
1	750	68000	140000
2	1900	61500	178000
3	2650	59500	162000
4	2250	64000	180000
5	2250	65000	165000
6	2100	65100	181000
7	2350	62500	180000
8	2250	65100	188000
9	2250	65500	185000
10	2450	65000	170000
11	2750	62500	200000
12	2900	62000	200000
13	2850	62000	200000
14	3000	63000	198000
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

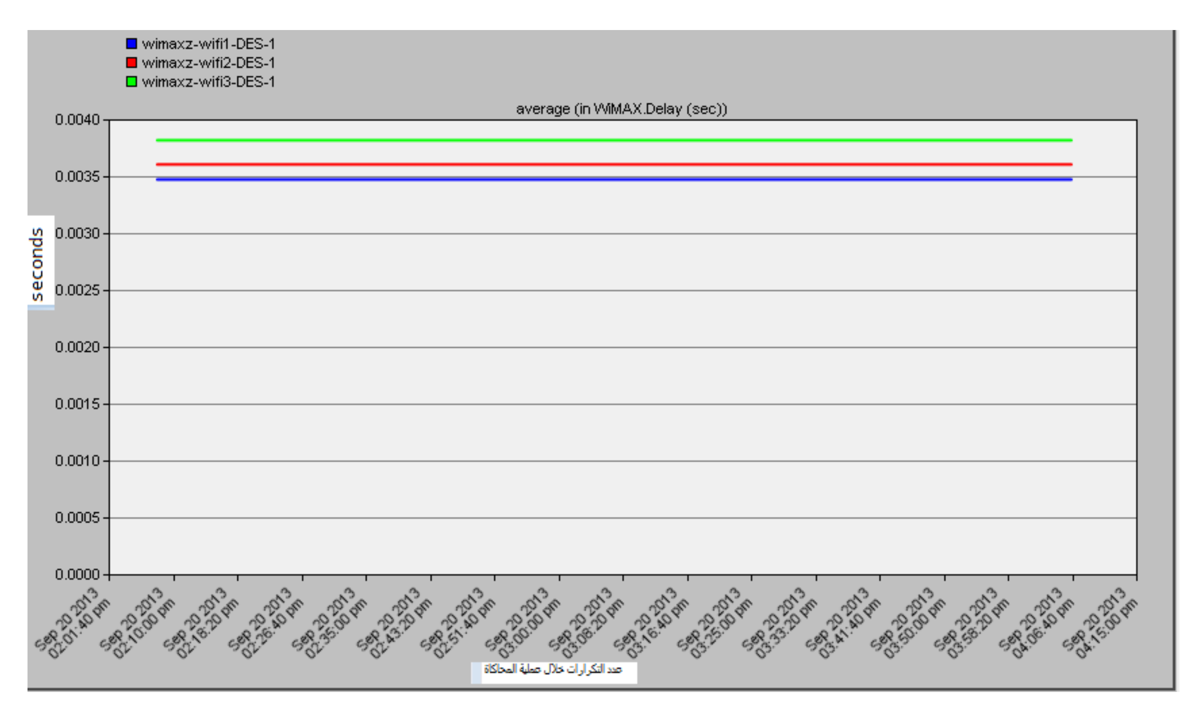
السيناريو الأفضل هو السيناريو الثالث وذلك لأن الشبكة الأفضل هي التي تعالج أكبر عدد ممكن من الاتصالات وأنها تخدم أكبر عدد ممكن من المستخدمين.

7-4-3 المخططات الناتجة عن شبكة المبنية باستخدام IEEE 802.16

بعد الانتهاء من دراسة هذه المعايير في شبكة IEEE 802.11 سنقوم بدراسة هذه المعايير في الشبكة التي تم بناؤها باستخدام المعيار IEEE 802.16.

7-4-3-1 Delay time في الشبكة IEEE 802.16

يوضح الشكل (7-9) النتيجة مجمعة للسيناريوهات الثلاثة في مخطط واحد للمعيار المدروس حيث المخطط المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث.



الشكل (7-9) Delay time للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

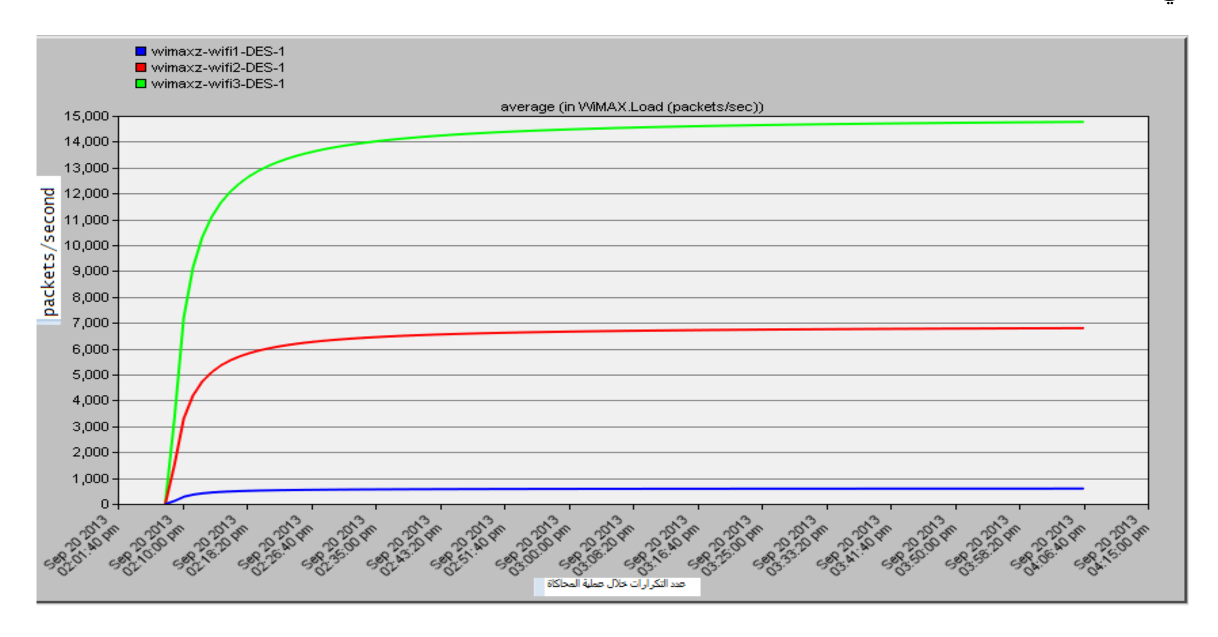
و يمكن تفسير هذا المخططات بحيث

- في السيناريو الأول و بعد ساعتين من المحاكاة نلاحظ وجود delay ثابت في شبكة Wimax يقدر بـ 0.00349sec.
- في السيناريو الثاني وبعد ساعتين من المحاكاة نلاحظ وجود delay ثابت في الشبكة يقدر بـ 0.0036 sec.
- في السيناريو الثالث و بعد ساعتين من المحاكاة نلاحظ وجود delay ثابت في الشبكة يقدر بـ 0.0038 sec.

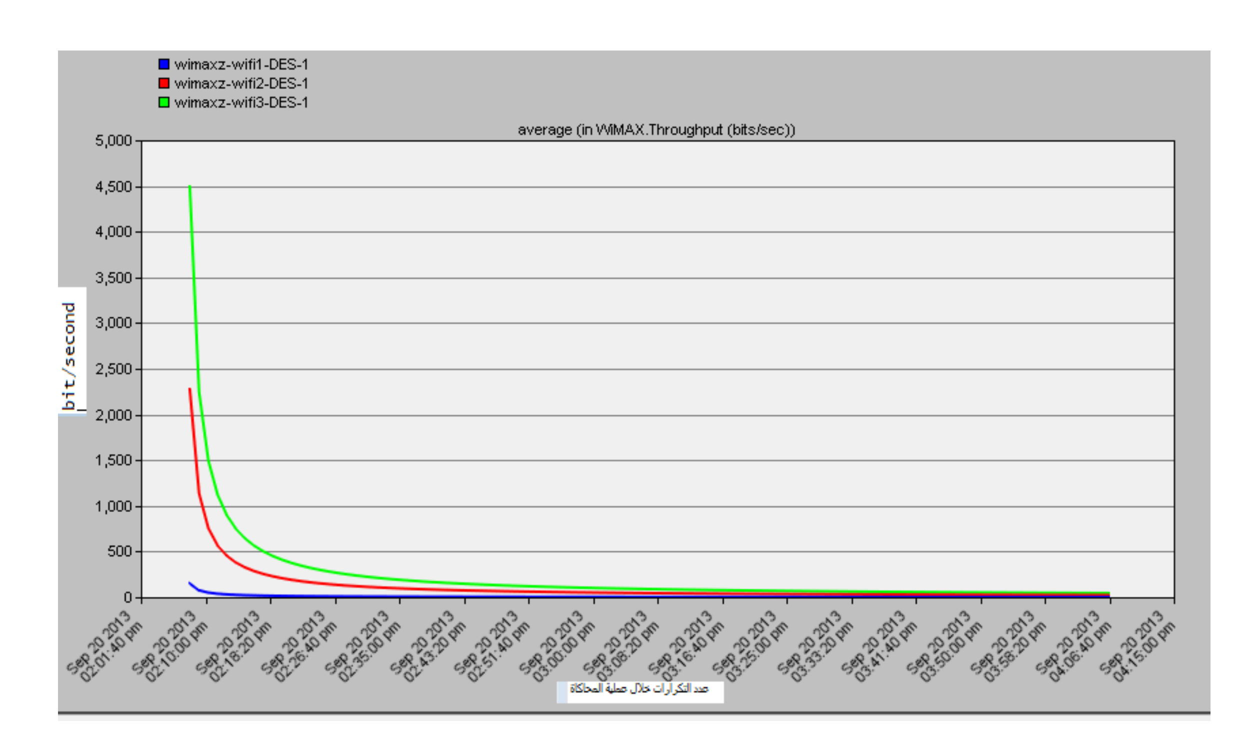
وطبعا فان السيناريو الأول هو السيناريو الأفضل لأنه يقدم أقل زمن ممكن.

7-4-3-2 Throughput في الشبكة IEEE 802.16

بالانتقال إلى المعيار الثاني و هو المردود يتبع الطريقة السابقة ذاتها والتي تم اتبعناها في دراسة Throughput في الشبكة المبنية باستخدام المعيار IEEE 802.11 حيث نقوم بمقارنة المردود مع الحمل المطبق الشكل (7-10) يوضح LOAD في السيناريوهات الثلاثة فالمخطط المرسوم باللون الأزرق هو المتعلق بالسيناريو الأول في حين أن المخطط المرسوم باللون الأحمر متعلق بالسيناريو الثاني و المخطط المرسوم باللون الأخضر مرتبط بالسيناريو الثالث ومن ثم نقوم بإدراج الشكل (7-11) الذي يقدم المردود في السيناريوهات الثلاثة المجمعة.



الشكل (7-10) الأحمال المطبقة على السيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16



الشكل (7−11) المردود الناتج عن السيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

والجدول (7−20) يوضح Load المطبق على الشبكة يبين القيم البدائية و مجال التغير وفق تابع لوغاريتمي حتى يصل إلى القيمة النهائية.

جدول (7−20) تغيرات الحمل المطبق للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Packets/sec	قيمة التغير	قيمة ثابتة Packets/sec
1	16 محاولة	19 اتصال	(0) عند الدقيقة (7)	تابع لوغاريتمي	598 تكرار رقم (13) بعد 109 دقيقة
2	16 محاولة	132 اتصال	(0) عند الدقيقة (7)	تابع لوغاريتمي	6750 عند تكرار رقم (13) بعد 109 دقيقة
3	16 محاولة	146 اتصال	(0) عند الدقيقة (7)	تابع لوغاريتمي	14900 عند تكرار (13) بعد 109 دقيقة

والجدول (7-21) يوضح المعيار المدروس وهو Throughput اعتبارا من القيمة البدائية و يبين مجال التغير وفق تابع لوغاريتمي حتى يصل إلى القيمة النهائية.

جدول (7–21) تغيرات Throughput للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

رقم السيناريو	عدد المحاولات	عدد الاتصالات	القيمة الابتدائية Bits/sec	مجال التغير	قيمة الاستقرار Bits/sec
1	16 محاولة	19 اتصال	155 (8) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار الأول	تابع أسي	(2) عند التكرار رقم (13) بعد 109 دقيقة من المحاكاة
2	16 محاولة	132 اتصال	2300 (8.5) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار الأول	تابع أسي	(40) عند التكرار رقم (13) بعد 109 دقيقة من المحاكاة
3	16 محاولة	146 اتصال	4500 (9) دقائق من المحاكاة وقبل التكرار الأول	تابع أسي	(100) عند التكرار رقم (13) بعد 109 دقيقة من المحاكاة

أما الجدول (7-22) يبين قيم الحمل المطبق عند كل تكرار

جدول (7−22) قيم الحمل المطبق عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

رقم التكرار	السيناريو (1) Packets/sec	السيناريو (2) Packets/sec	السيناريو (3) Packets/sec
1	180	4500	10000
2	510	5200	12500
3	550	6300	13700
4	565	6500	14000
5	569	6530	14100
6	573	6560	14200
7	577	6590	14300
8	581	6620	14400
9	585	6650	14500
10	589	6680	14600
11	593	6710	14700
12	594	6740	14800
13	595	6750	14900
14	595	6750	14900
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

من ناحية الأحمال نميز أنه كلما كان (Load) منخفضاً كلما كان أفضل لأن الشبكة الأفضل هي التي تتعرض لضغط اتصالات منخفض لذا فإن الأفضل هو السيناريو رقم (1) ولكن المعيار المدروس هو Throughput وقد كانت القيمة عند كل تكرار وفق الجدول (7−23)

جدول (7−23) قيم Throughput عند كل تكرار للسيناريوهات المقترحة في الشبكة IEEE 802.16

رقم التكرار	السيناريو (1) Bits/sec	السيناريو (2) Bits/sec	السيناريو (3) Bits/sec
1	60	1100	1500
2	18	220	500
3	10	160	250
4	9.4	150	238
5	8.8	148	224
6	8	136	212
7	7.2	124	198
8	6.4	112	184
9	5.8	100	170
10	5	88	156
11	4.2	76	142
12	3.4	64	128
13	2.8	52	114
14	2	40	100
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

نستنتج مما سبق أن السيناريو الأفضل هو السيناريو الثالث ذلك لأن الشبكة الأفضل هي التي تعالج أكبر عدد ممكن من الاتصالات أو تخدم أكبر عدد ممكن من المستخدمين.

5-7 الاستنتاجات:

- ساهمت تقنية (IP backbone logical subnet) المستخدم من ربط شبكتين غير متجانستين واحدة من النوع IEEE 802.11 والثانية من النوع IEEE 802.16.
- إعطاء أولوية للتطبيق عند وضعه من النمط GOLD يُحسن من أداء الشبكة الهجينة.
- بينت النتائج العملية للمحاكاة على مكونات الشبكة المفترضة بإمكانية الحصول على جودة خدمة أفضل من ناحية تقليل التأخير الزمني كما في السيناريو الثاني .
- الشروط المطبقة على مكونات الشبكة المفترضة ساعدت في إظهار مدى التحسن في جودة الخدمة لشبكة تحتوي عدد كبير من المستخدمين كما في السيناريو الثالث مع ارتفاع طفيف مقبول بالتأخير الزمني مقارنة مع السيناريو الثاني.
- تبين من النتائج العملية ارتفاع قيمة المردود مع زيادة عدد الأجهزة إلى حد كبير نسبياً بمقدار عدة أضعاف في السيناريو الثالث مقارنة مع عدد الأجهزة في السيناريو الأول و الثاني .
- بسبب وجود فارق زمني كبير ناتج عن تحويل الرزم من شكل رزمة خاص بالبروتوكول IEEE 802.11 إلى شكل رزمة ملائم للبروتوكول IEEE 802.16 وبالعكس نلاحظ انخفاض ملحوظ في قيمة Throughput في السيناريوهات الثلاثة مقارنة مع load المطبق على هذه السيناريوهات .
- تمكن الدراسة بالشكل العام من تحديد الخيارات والبارامترات المثلى اللازمة لبناء شبكة لاسلكية بمواصفات جودة خدمة مقترحة بحيث تحقق الأداء الأفضل للشبكة المطلوبة.

6-7 التوصيات المستقبلية:

- العمل على إعادة توزيع الأجهزة مع المحافظة على العدد وإعادة الدراسة لمعرفة التغيرات الممكنة
- وضع أكثر من جهاز مستخدم عند النقاط الحدية بين Access point ودراسة وجود تأخير زمني لاختيار الشبكة الأفضل
- وضع أكثر من جهاز مستخدم عند النقاط الحدية بين base station ودراسة وجود تأخير زمني لاختيار الشبكة الأفضل
- العمل على زيادة عدد الأجهزة و ذلك للوصول إلى العدد الأكبر الذي يمكن أن تتعامل معه كل من Access point و Base station و دراسة ما سيحدث للتطبيق والمعايير المدروسة الأخرى في هذه الشبكات
- العمل على زيادة الأجهزة المركزية أي زيادة عدد كل من Base station و Access point

- استخدام نسخة OPNET 15 وما فوق وذلك لأنها :
  - تدعم البروتوكول 802.21 وهو معيار مصمم لربط شبكات غير متجانسة وخدمة تطبيقات الوسائط المتعددة
  - احتوائها على WIFI_WIMAX router والذي يسهل من عملية تحويل الرزم وبهذا يمكن الإستغناء عن استخدام cloud IP

المراجع

• [1] R. Parry, "Overlooking 3G," IEEE Potentials, vol. 21, no. 4, pp. 6-9, Oct./Nov. 2002.

• [2] J.E. Padgett, C.G. Gunther, and T. Hattori, "Overview of Wireless Personal Communications," IEEE Communications Magazine, vol. 33, no. 1, pp. 28-41, Jan. 1995

• [3] A.-L. I. Semeia. *Wireless Network Performance Analysis for Adaptive Bandwidth Resource Allocations*. PhD Thesis, StevensInstitute of Technology, USA, 2003.

• [4] N. Padovan, M. Ryan, and L. Godara, "An Overview of Third Generation Mobile Communications Systems: IMT-2000," the IEEE Region 10 International Conference on Global Connectivity in Energy, Computer, Communication and Control (TENCON '98), vol. 2, pp. 360-364, Dec. 1998.

• [5] T. Ojanpera and R. Prasad, "An Overview of Third-Generation Wireless Personal Communications: A European Perspective," IEEE Personal Communications, vol. 5, no. 6, pp. 59-65, Dec. 1998.

• [6] J.-Z. Sun, J. Sauvola, and D. Howie, "Features in Future: 4G Visions from a Technical Perspective," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '01), vol. 6, pp. 3533-3537, Nov. 2001.

• [7] Internetworking technology handbook. Cisco. [Online]. Available: http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito doc.html 10/4/2013

• [8] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, \RTP: Atransport for real-time applications," RFC2131, Jul 2003.

• [9] R. Jain, \Quality of experience," IEEE Computer Magazine, vol. 11, pp. 96{95, Jan-Mar 2004.

• [10] A. V. Moorsel, \Metrics for the internet age: Quality of experience and quality of business," 5th Performability Workshop, Tech. Rep., 2001.

• [11] Methods for subjective determination of transmission quality, ITU-T Std., 1996.

• [12] T. Szigeti and C. Hattingh, End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs and VPNs. Indianapolis, Indiana: Cisco Press, 2005.

• [13] B. Duysburgh, S. Vanhastel, B. D. Vreese, C. Petrisor, and P. Demeester, On the innocence of best-effort network conditions on the perceived speech quality of VoIP connections," Computer Communications and Networks, pp. 334{339, Oct 2001.

• [14] T. Szigeti and C. Hattingh, End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs and VPNs. Indianapolis, Indiana: Cisco Press, 2005.

• [15] L. Ding and R. Goubran, \Assessment of effects of packet loss on speech quality in VoIP," The 2nd IEEE International Workshop on Haptic, Audio and Visual Environments and Their Applications, pp. 49{ 54, Sep 2003.

• [16] iLBC designed for the future," White Paper, Global IP Sound, San Francisco, California, p. 6, Oct 2004.

• [17] A. V. Moorsel, \Metrics for the internet age: Quality of experience and quality of business," 5th Performability Workshop, Tech. Rep., 2001.

• [18] S. Krishnaswamy, A. Zaslasvky, and S. W. Loke, \Estimating computation times in data intensive e-services," Proc. Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering, pp. 72{80, Dec 2003.

• [19] SLA Management Handbook Volume 4: Enterprise Perspective. Berkshire, United Kingdom: The Open Group, 2004.

• [20] Verizon puts new SLA on VoIP. Telephony Online. [Online]. Available: http://telephonyonline.com/VoIP/news/Verizon VoIP SLA 031506/

• [21] S. Mangold, S. Choi, P. May, O. Klein, G. Hiertz, and L. Stibor, \ IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service," in Proc. European Wireless (EW2002), Florence, Italy, Feb. 2002.

• [22] Q. Ni, L. Romdhani, and T. Turletti, A survey of QoS enhancements for IEEE 802.11 wireless LAN: Research Articles," Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 4, no. 5, pp. 547{566, Aug. 2004.

• [23] C. Cicconetti, A. Erta, L. Lenzini, and E. Mingozzi, \Performance Evaluation of the IEEE 802.16 MAC for QoS Support," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 6, no. 1, pp. 26{38, Jan. 2007.

• [24] R. Pries and K. Heck, \Performance comparison of handover mechanisms in wireless LAN networks," in ATNAC 2004, Sydney, Australia, 12 2004, p. 4.

• [25] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of

Service Enhancements, IEEE Std.

• [26] Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Amend-
ment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and
Mobile Operation in Licensed Bands, IEEE Std., 2005.

• [27] A. Teh and A. Jayasuriya, QoS aware handover between IEEE 802.11e and IEEE 802.16e
networks," 8th International Symposium on DSP and Communications Sys-
tems, DSPCS 2005 and 4th Workshop on the Internet, Telecommunications
and Signal Processing, WITSP 2005, pp. 1{6, Dec 2005.

• [28] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer
(PHY) specifications, IEEE Std.

• [29] R. Droms, \Dynamic host configuration protocol," RFC2131, March 2010. [Online]. Available: http://tools.ietf.org/html/rfc2131

• [30] E. L. Hahne and R. G. Gallager, \Round robin scheduling for fair ow control in data communication networks," Proc. IEEE Int Conf. Commun., pp. 103{107,Jun 2009

• [31]. E. Hahne, \Round-robin scheduling for max-min fairness in data networks," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, vol. 9, no. 7, pp. 1024{1039, Sep 2010

• [32] A. Demers, S. Keshav, and S. Shenker, \Analysis and simulation of a fair queueing algorithm," in SIGCOMM '89: Symposium proceedings on Communications architectures & protocols. New York, NY, USA: ACM, 2011

• [33] M. Katevenis, S. Sidiropoulos, and C. Courcoubetis, \Weighted round-robincell multiplexing in a general-purpose ATM switch chip," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, vol. 9, no. 8, pp. 1265{1279, Oct 2011}

• [34] J. A. Stankovic, M. Spuri, K. Ramamritham, and G. C. Buttazzo, Deadline Scheduling for Real-Time Systems: EDF and Related Algorithms. Springer, 2004.

• [35] A. Gambier, \Real-time control systems: A tutorial," 5th Asian Control Conference, vol. 2, pp. 1024{1031, Jul 2004.}

• [36] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, \RTP: A transport for real-time applications," RFC2131, Jul 2003. [Online]. Available: http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt?number=3550

• [37] P. Calyam, M. Sridharan, W. Mandrawa, and P. Schopis, \Performance measurement and analysis of h.323 tra_c," Passive and Active Network Measurement, vol. 3015/2004, pp. 137{146, May 2008}

- [38] T. Szigeti and C. Hattingh, End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs and VPNs. Indianapolis, Indiana: Cisco Press, 2005.

- [39] R. K. Jain, D.-M. W. Chiu, and W. R. Hawe, A quantitative measure of fairness and discrimination for resource allocation in shared computer system, DEC research report TR-301," Eastern Research Lab, Tech. Rep., 2004

- [40] Overcoming barriers to high-quality voice over IP deployments," White Paper, Intel, Parsippany, NJ, 2007

- [41] C. Sunghyun, J. del Prado, S. N. Sai, and S. Mangold, \IEEE 802.11e contention-based channel access (EDCF) performance evaluation," IEEE International Conference on Communications, pp. 1151{1156, May 2008}

- [42] L. Zhao and C. Fan, \M-PCF: modi_ed IEEE 802.11 PCF protocol implementing QoS," Electronics Letters, pp. 1611{1613, Nov 2004}.

- [43] Voice Over IP 101Understanding the Basic Networking Functions, Components, and Signaling Protocols in VoIP Networks "White Paper Juniper Networks, Inc. ,1194 North Mathilda Avenue , Sunnyvale, California 94089, USA ,Part Number: 200087-002 May 2007 available : www.juniper.net

- [44] MATTHEW DESANTIS paper" Understanding Voice over Internet Protocol (VoIP)" Produced 2006; updated 2010, by US-CERT, a government organization

- [45] Sean Wilkins paper "Introduction to MPLS: Multiprotocol Label Switching for Cisco Professionals" September 15, 2010

- [46] Improvement of performance of heterogeneous WIMAX system by using relay networks - Şule Öztürk - Başkent University – Turkey 2013.

- [47] Improvement of performance of heterogeneous WIMAX system by using relay networks - Şule Öztürk - Başkent University – Turkey 2013.

- [48] A cross-layer mechanism for QOS improvements in VoIP over multi-rate WLAN networks - Anna Sfairopoulou – University Pompeu Fabra - April 2008.

- [49] Vertical Handover between 802.11and 802.16 Wireless Access Networks – Yongqiang Zhang -University of Waterloo - Waterloo, Ontario, Canada, 2008.

- [50] Quality of Service Technologies for Multimedia Applications in Next Generation Networks - Tatiana Onali - University of Cagliari – 2012.

- [51] Comparative study of an integrated QoS in WLAN and WiMAX - Ye Wang, Xiao-Lei Zhang, Weiwei Chen, Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee – 2010.

- [52] Performance Evaluation of Quality of VoIP in WiMAX and UMTS-Sheetal Jadhav, Haibo Zhang and Zhiyi Huang -University of Otago,- New Zealand 2012.

Providing Quality of Service for multimedia application using Real Time Traffic in Heterogeneous Wireless Infrastructure Networks

Abstract

In the last few years the spread of multimedia application in our daily life has been increased and becomes a reality we need in many majors of life, the Voice Over IP (VoIP) application is the most prevalent one .This research aimed to connect tow heterogonous wireless networks and study the impact of linkage on the quality of service while there are several criteria used to build wireless networks differ from each other in terms of the frequency and mechanism for sending and receiving packets. we will discuss in this research three scenarios each one of them consist of two different networks ,the first one uses the IEEE 802.11 while the second uses IEEE 802.16 .These scenarios are different from each others in number of their users. we will study the quality of service concepts and some important criteria related to it. Then move to the architecture of IEEE 802.11 and IEEE 802.16. after that we will discuss handover operation and real time scheduling finally we will study the construction of VoIP. We use OPNET modeler to simulate and compare the result.

Key words: *Quality of service – heterogeneous – IEEE 802.11– IEEE 802.16– handover– scheduling – delay –* Throughput